

Centro Studi e Progetti Innovativi
Analisi Scenari di Sviluppo

RADDOPPIO CODOGNO - CREMONA - MANTOVA
STUDIO DI TRASPORTO

Ottobre 2021

Indice

1. OGGETTO ED OBIETTIVI DELLO STUDIO	1
2. STATO ATTUALE DELLA LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA.....	3
2.1. <i>PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA LINEA.....</i>	<i>3</i>
2.2. <i>ANALISI DELLA ATTUALE CIRCOLAZIONE.....</i>	<i>5</i>
2.3. <i>ATTUALE POTENZIALITÀ RESIDUA</i>	<i>6</i>
2.3.1 <i>Individuazione del collo di bottiglia.....</i>	<i>7</i>
2.3.2 <i>Costruzione dell'orario grafico e compressione</i>	<i>8</i>
2.3.3 <i>Calcolo della capacità residua.....</i>	<i>15</i>
3. ANALISI DEL CONTESTO TERRITORIALE E TRASPORTISTICO.....	17
3.1. <i>IL SISTEMA DELLE INFRASTRUTTURE NELL'AREA DI STUDIO</i>	<i>18</i>
3.1.1 <i>Il sistema delle infrastrutture ferroviarie</i>	<i>19</i>
3.1.2 <i>Il sistema delle infrastrutture stradali</i>	<i>20</i>
3.2. <i>DINAMICHE DEMOGRAFICHE ED OCCUPAZIONALI.....</i>	<i>23</i>
3.2.1 <i>Variabili demografiche.....</i>	<i>24</i>
3.2.2 <i>Variabili occupazionali.....</i>	<i>28</i>
3.3. <i>STATO DELL'ATTUALE DOMANDA DI MOBILITÀ PASSEGGERI.....</i>	<i>30</i>
3.3.1 <i>Gli spostamenti totali dell'area di studio</i>	<i>31</i>
3.3.2 <i>Gli spostamenti dell'area di studio per motivo e modalità.....</i>	<i>33</i>
3.4. <i>STATO ATTUALE DEI TRAFFICI MERCI</i>	<i>34</i>
3.4.1 <i>La struttura produttiva dell'area</i>	<i>34</i>
3.4.2 <i>I poli generatori di traffico ferroviario.....</i>	<i>35</i>
3.4.3 <i>L'attuale traffico ferroviario delle merci.....</i>	<i>36</i>
4. ANALISI DEGLI SCENARI DI SVILUPPO	39
4.1. <i>CENNO SUGLI INTERVENTI PREVISTI SULLA LINEA</i>	<i>39</i>
4.2. <i>IL FUTURO ASSETTO DEI SERVIZI FERROVIARI REGIONALI.....</i>	<i>41</i>
5. PROSPETTIVE DI SVILUPPO DEI TRAFFICI MERCI	44
5.1. <i>L'ANDAMENTO ECONOMICO COMPLESSIVO E DEI SETTORI SIDERURGICO E CEREALICOLO</i>	<i>44</i>
5.1.1 <i>La filiera dei prodotti siderurgici.....</i>	<i>45</i>
5.1.2 <i>La filiera dei prodotti agricoli</i>	<i>47</i>
5.2. <i>L'ACQUISIZIONE DI QUOTE MODALI DAL TRAFFICO STRADALE</i>	<i>48</i>
5.3. <i>APPETIBILITÀ DELLA LINEA PER LA FORMAZIONE DI ITINERARI ALTERNATIVI</i>	<i>49</i>
5.4. <i>INDICATORI PER L'ANALISI DI REDDITIVITÀ – SEGMENTO MERCI.....</i>	<i>52</i>
6. PROSPETTIVE DI SVILUPPO DEI TRAFFICI PASSEGGERI	54
6.1. <i>GENERALITÀ SULL'APPARATO METODOLOGICO</i>	<i>54</i>
6.2. <i>PREVISIONI DI CRESCITA DELLA POPOLAZIONE.....</i>	<i>55</i>
6.3. <i>I RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI TRAFFICO</i>	<i>60</i>
6.3.1 <i>Gli scenari ordinari.....</i>	<i>60</i>
6.3.2 <i>lo scenario post-covid.....</i>	<i>64</i>
6.4. <i>GLI INDICATORI FINALIZZATI ALL'ANALISI DI REDDITIVITÀ DEGLI INVESTIMENTI</i>	<i>68</i>

7. ANALISI DELLA CAPACITÀ RESIDUA MERCI A SEGUITO DEL POTENZIAMENTO DEL TRASPORTO PASSEGGERI REGIONALE	70
<i>7.1. SCENARIO INFRASTRUTTURALE ATTUALE</i>	71
<i>7.2. SCENARIO INFRASTRUTTURALE DI RADDOPPIO</i>	74
8. PRINCIPALI CONCLUSIONI	79
APPENDICE METODOLOGICA	72

Indice delle figure

Figura 2-1: linea ferroviaria Codogno - Cremona - Mantova.....	3
Figura 2-2: schema dei servizi Lombardia Est.....	5
Figura 2-3: organizzazione dei servizi offerti dalle IIFF sulla linea oggetto di studio.....	6
Figura 2-4: orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 00-12).....	11
Figura 2-5: orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 12-24).....	12
Figura 2-6: compressione dell'orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 00-12).....	13
Figura 2-7: compressione dell'orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 12-24).....	14
Figura 2-8: grado di saturazione della tratta Cremona - Piadena da PIR 2019.....	16
Figura 3-1: Area d'intervento.....	17
Figura 3-2: Area di studio.....	18
Figura 3-3: Rete infrastrutturale nell'area di studio.....	19
Figura 3-4: Rete ferroviaria nell'area di studio.....	19
Figura 3-5: Rete stradale nell'area di studio.....	21
Figura 3-6: Distribuzione della popolazione – elaborazioni su dati ISTAT 2011.....	25
Figura 3-7: Distribuzione della popolazione - elaborazioni su dati ISTAT 2018.....	26
Figura 3-8: Densità di popolazione - elaborazioni su dati ISTAT 2018.....	27
Figura 3-9: Tasso di variazione della popolazione residente (2018-2011) - elaborazioni su dati ISTAT.....	27
Figura 3-10: Densità di popolazione - elaborazioni su dati ISTAT 2011.....	28
Figura 3-11: Popolazione residente per categoria.....	28
Figura 3-12: Distribuzione degli STUDENTI – fonte ISTAT 2011.....	29
Figura 3-13: Distribuzione degli OCCUPATI – fonte ISTAT 2011.....	29
Figura 3-14: Distribuzione degli ADDETTI – fonte ISTAT 2011.....	30
Figura 3-15: Tasso di variazione degli OCCUPATI e degli ADDETTI – fonte ISTAT.....	30
Figura 3-16 Distribuzione degli spostamenti emessi (in rosso) e attratti (in blu)- rappresentazione per provincia: Spostamenti intercomunali del giorno feriale medio, esclusi i rientri a casa.....	31
Figura 3-17: Distribuzione degli spostamenti emessi: Spostamenti intercomunali del giorno feriale medio, esclusi i rientri a casa.....	32
Figura 3-18: Ripartizione degli spostamenti emessi dalle provincie della linea oggetto di intervento: Spostamenti intercomunali del giorno feriale medio, esclusi i rientri a casa.....	32
Figura 3-19: Distribuzione degli spostamenti attratti: Spostamenti intercomunali del giorno feriale medio, esclusi i rientri a casa.....	33
Figura 3-20: Ripartizione degli spostamenti per motivo dello spostamento.....	33
Figura 3-21: Ripartizione degli spostamenti per modalità dello spostamento.....	34
Figura 3-22 Imprese operative Regione Lombardia - 2017.....	34
Figura 3-23: Scali merci della linea e impianti intermodali a servizio dell'area.....	36
Figura 3-24: Tonnellate lorde di merci movimentate per impianto - anno 2019.....	38
Figura 4-1: Layout funzionale di progetto del raddoppio della linea Codogno – Mantova – Lotto 1.....	39
Figura 4-2: Layout funzionale di progetto del raddoppio della linea Codogno – Mantova – Lotto 2.....	40
Figura 4-3: Layout funzionale di progetto del raddoppio della linea Codogno – Mantova – Lotti 3 e 4.....	40
Figura 4-4: Schemi dei servizi ipotizzati sulla infrastruttura oggetto di studio a raddoppio ultimato.....	41
Figura 4-5: Schema dei servizi ferroviari nell'area di studio.....	42
Figura 5-1: Treni annui effettuati per impianto della linea (elaborazioni RFI).....	44
Figura 5-2: Andamento della produzione di acciaio in Italia.....	45
Figura 5-3: Andamento importazione ed esportazioni di prodotti siderurgici.....	46
Figura 5-4 Acquisizione di rottame nel 2018.....	46
Figura 5-5 Previsioni di crescita dei volumi in import ed export - CAFT 4 (elaborazioni RFI).....	47
Figura 5-6 Previsioni di crescita dei volumi in import ed export - CAFT 1 (elaborazioni RFI).....	48
Figura 5-7: Comparazione itinerari Pavia-Verona via Cremona e via Brescia.....	50
Figura 5-8: Relazione Brennero-Piadena - comparazione tra i due itinerari.....	50
Figura 5-9: la Codogno – Cremona – Mantova come itinerario alternativo dei servizi merci sulla dorsale.....	51
Figura 6-1: Schematizzazione della metodologia utilizzata per la previsione dei traffici relativi alla componente regionale.....	55
Figura 6-2: Previsioni di crescita della popolazione tra 15 e 29 anni.....	56
Figura 6-3: Previsioni di crescita della popolazione tra 30 e 64 anni.....	57
Figura 6-4 Previsioni di crescita della popolazione tra 15 e 64 anni.....	57
Figura 6-5: Carico giornaliero del treno regionale Milano – Mantova (RE11).....	61

Figura 6-6: Carico giornaliero del treno regionale Pavia – Cremona (R39).....	62
Figura 6-7: Carico giornaliero del treno regionale Cremona – Mantova (R40).....	62
Figura 6-8: Ripartizione modale (lavoro).....	63
Figura 6-9: Ripartizione modale (studio).....	63
Figura 6-10 Ripartizione modale (occasionali).....	63
Figura 6-11: Ripartizione modale (affari).....	64
Figura 6-12: Ripartizione modale (totale motivi).....	64
Figura 6-13: Occupati che hanno svolto ore di lavoro a casa nel I quadrimestre 2020 (ISTAT).....	65
Figura 6-14: Carico giornaliero del treno regionale Milano – Mantova (RE11) – Scenario Post Covid.....	67
Figura 6-15: Carico giornaliero del treno regionale Pavia – Cremona (R39) – Scenario Post Covid.....	67
Figura 6-16: Carico giornaliero del treno regionale Cremona – Mantova (R40) – Scenario Post Covid.....	67
Figura 6-17: Flussi cumulati sulle singole tratte nello scenario post-Covid.....	68
Figura 7-1: saturazione dell'orario cadenzato con tracce merci su scenario infrastrutturale attuale (fascia oraria 00-12).....	72
Figura 7-2: saturazione dell'orario cadenzato con tracce merci su scenario infrastrutturale attuale (fascia oraria 12-24).....	73
Figura 7-3: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse dispari, fascia oraria 00-12).....	75
Figura 7-4: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse dispari, fascia oraria 12-24).....	76
Figura 7-5: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse pari, fascia oraria 00-12).....	77
Figura 7-6: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse pari, fascia oraria 12-24).....	78
Figura 8-1: Grafo della rete stradale.....	82
Figura 8-2: Grafo dei servizi di trasporto collettivo extraurbano.....	84

Indice delle tabelle

Tabella 2-1: località di servizio presenti sulla linea Codogno - Cremona - Mantova.....	4
Tabella 2-2: sezioni di blocco presenti sulla linea Codogno - Cremona - Mantova.....	4
Tabella 2-3: distribuzione settimanale delle tracce orario sull'intera linea.....	7
Tabella 2-4: distribuzione settimanale delle tracce orario nelle singole tratte.....	8
Tabella 2-5: distanze fra i segnali di protezione della stazione e i rispettivi segnali di partenza.....	9
Tabella 2-6: distanze dei pedali conta-assi dall'asse del fabbricato viaggiatori.....	9
Tabella 2-7: contributi al tempo di utilizzazione delle sezioni.....	10
Tabella 2-8: calcolo della capacità residua della linea su scenario attuale reale.....	15
Tabella 2-9: calcolo della capacità residua della linea su scenario attuale con aggiunta di IPO.....	16
Tabella 2-10: quadro riassuntivo della saturazione della linea.....	16
Tabella 3-1: Caratteristiche delle linee che attraversano l'area di studio.....	20
Tabella 3-2 Popolazione residente e superficie territoriale delle zone di traffico - ISTAT 2011.....	24
Tabella 3-3: Popolazione residente e superficie territoriale delle zone di traffico - ISTAT 2018.....	26
Tabella 3-4: Dati sugli studenti, occupati e addetti presenti nell'area di studio.....	28
Tabella 3-5: Circolato treni merci 15-21 luglio 2019 - fonte PIC.....	36
Tabella 3-6: Prodotti e relazioni per gli impianti della linea.....	37
Tabella 4-1 - Calcolo dei treni-km annui per l'ipotesi di esercizio adottata.....	42
Tabella 4-2 - Comparazione dei tempi di percorrenza.....	43
Tabella 5-1: Tonnellate di merci trasportate via strada (fonte EUROSTAT).....	49
Tabella 5-2: Merci scambiate via strada con estero (fonte elaborazioni RFI).....	49
Tabella 5-3: Merci scambiate via strada con estero (fonte elaborazioni RFI).....	49
Tabella 5-4: Merci scambiate via strada con estero (fonte elaborazioni RFI).....	49
Tabella 5-5 – Parametri di calcolo.....	52
Tabella 5-6 Tonnellate sottraibili alla strada.....	52
Tabella 6-1: Tasso di crescita della popolazione regionale all'anno 2032.....	58
Tabella 6-2: Stima della popolazione anno 2032 - dati di sintesi.....	58
Tabella 6-3:: Stima della popolazione tra 15 e 29 anni - anno 2032.....	59
Tabella 6-4: Stima della popolazione tra 30 e 64 anni - anno 2032.....	59
Tabella 6-5: Stima della popolazione tra 15 e 64 anni - anno 2032.....	60
Tabella 6-6: Occupati di 15 anni e più che utilizzano la propria abitazione come luogo di lavoro nell'attività principale (ISTAT).....	65
Tabella 6-7: Quote di lavoro che potrebbero essere svolte da remoto per categoria (ISTAT).....	66
Tabella 6-8: valore degli indicatori necessari allo sviluppo dell'ACB dell'intervento (anno 2032).....	69

<i>Tabella 7-1: servizi passeggeri regionali nel modello di esercizio cadenzato</i>	<i>70</i>
<i>Tabella 7-2: Capacità commerciale della linea con lo scenario infrastrutturale attuale</i>	<i>71</i>
<i>Tabella 7-3: Capacità commerciale della linea dopo gli interventi di raddoppio.....</i>	<i>74</i>

1. OGGETTO ED OBIETTIVI DELLO STUDIO

Il raddoppio della linea Codogno - Cremona - Mantova, il cui fine è potenziare le prestazioni del servizio ferroviario passeggeri e merci, è previsto dagli strumenti di pianificazione regionale ed è stato oggetto di impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana; esso rientra, in particolare, tra gli interventi definiti dall'Accordo Quadro per i servizi di trasporto pubblico locale stipulato tra Rete Ferroviaria Italiana e Regione Lombardia nel dicembre 2016.

I principali benefici attesi dall'intervento sono:

- l'incremento della capacità sulla linea Codogno – Mantova che permetterà:
 - l'introduzione di un nuovo modello di esercizio potenziato per i servizi passeggeri;
 - l'introduzione di convogli merci di maggiore lunghezza e tonnellaggio;
- la riduzione dei tempi di percorrenza;
- l'aumento della regolarità della circolazione.

Sono previste due fasi realizzative:

- fase 1: raddoppio della tratta Piadena-Mantova, il cui costo totale delle opere è stato stimato in 490 M€, di cui 340 M€ già finanziati; l'attivazione del raddoppio è prevista per maggio 2025;
- fase 2: raddoppio della tratta Codogno-Piadena, con un costo stimato in 830 M€, non ancora finanziato.

Le analisi prodotte nel presente studio hanno come obiettivo quello di fornire elementi di valutazione delle attuali condizioni di utilizzo della linea Codogno – Cremona – Mantova, nonché delle prospettive di crescita delle componenti di domanda che concorrono alla determinazione dei traffici che insistono sulla medesima linea, al fine di quantificare i benefici associati al citato raddoppio della stessa.

Le analisi prenderanno quindi in considerazione aspetti legati alla attuale circolazione ferroviaria che caratterizza l'infrastruttura, alla connotazione insediativa e socio-economica del territorio attraversato, alle relative dinamiche di domanda sia passeggeri che merci che alimentano i traffici.

La linea in argomento è attualmente utilizzata da un traffico misto passeggeri e merci; il primo, di carattere unicamente regionale, è fortemente caratterizzato da servizi che collegano tra di loro le principali località che insistono sulla linea, tra le quali i due capoluoghi di provincia di Cremona e Mantova, ad uso di una domanda fortemente polarizzata verso il capoluogo milanese. Il secondo risulta essere prevalentemente condizionato dalla presenza di importanti poli produttivi, appartenenti principalmente al settore siderurgico e cerealicolo, che facendo capo ad alcuni impianti ferroviari localizzati lungo la linea, sono in grado di sviluppare interessanti volumi di traffico, prevalentemente orientati verso il settentrione del Paese nonché diretti oltre valico.

Il risultato è la presenza di un traffico dove la componente merci risulta significativa, al punto tale che in talune giornate della settimana risulta prevalente, e che quindi attribuisce alla linea elevate caratteristiche di eterotachia. Le condizioni di utilizzo dell'infrastruttura unite alle caratteristiche della linea, a semplice binario, comportano una residua possibilità di incrementi di traffico passeggeri e merci relegata tra l'altro a talune ore della giornata.

Il presente documento si compone dei seguenti capitoli:

- Capitolo 2 (*Stato attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova*), in cui sono descritte le principali caratteristiche della linea, analizzata l'attuale circolazione e valutate le condizioni di utilizzo in termini di potenzialità;
- Capitolo 3 (*Analisi del contesto territoriale e trasportistico*), dove, dopo una descrizione del sistema delle infrastrutture a servizio del territorio interessato dalla linea in argomento, vengono rappresentate le caratteristiche demografiche ed occupazionali nonché le dinamiche di domanda, sia passeggeri che merci, che caratterizzano detto territorio;
- Capitolo 4 (*Analisi degli scenari di sviluppo*) in cui vengono sinteticamente descritti gli interventi previsti sulla linea oggetto di analisi e i possibili sviluppi dei servizi passeggeri regionali;

- Capitolo 5 (*Prospettive di sviluppo dei traffici merci*) dove vengono analizzate le prospettive di crescita dei traffici merci fondamentalmente correlate alla crescita delle filiere produttive che li caratterizzano attualmente, alla acquisizione di quote dalla strada nonché dalle prospettive di utilizzazione della linea in argomento da parte di itinerari di attraversamento;
- Capitolo 6 (*Prospettive di sviluppo dei traffici passeggeri*), in cui vengono analizzati gli effetti prodotti alla domanda di trasporto regionale da una possibile diversa articolazione dei servizi ferroviari;
- Capitolo 7 (*Analisi della capacità residua merci*), dove, ipotizzato un possibile riassetto dei servizi di trasporto passeggeri nelle condizioni della linea attuali (semplice binario) e di progetto (linea a doppio binario), viene svolta una analisi della capacità residua della stessa a favore del settore di domanda merci.

Conclude lo Studio il Capitolo 8 che ne riepiloga le principali conclusioni.

Lo Studio di Trasporto si compone infine di una specifica appendice metodologica dove sono esposti alcuni dettagli della componente modellistica utilizzata ai fini delle previsioni delle dinamiche di mobilità della componente di traffico passeggeri regionale.

2. STATO ATTUALE DELLA LINEA CODOGNO - CREMONA - MANTOVA

2.1. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELLA LINEA

Lo sviluppo della linea ferroviaria oggetto di analisi Codogno - Cremona - Mantova è pari a 89,557 km. La linea in argomento è interamente elettrificata con alimentazione in 3kV in corrente continua e presenta un modulo pari a 545/575 m. Risulta essere quasi interamente a semplice binario, ad eccezione dei 5,171 km compresi fra le stazioni di Cava Tigozzi e Cremona il cui raddoppio è stato attivato nel 2015. La linea è esercita con Blocco elettrico Conta-Assi (BCA) per tutta la sua estensione, con banalizzazione nel breve tratto a doppio binario. La velocità massima ammessa dalla linea per il rango C è di 110 km/h tra Codogno e Ponte d'Adda e di 140 km/h per la parte restante, ad eccezione degli ultimi 3 km precedenti alla stazione di Mantova, ove scende di nuovo a 110 km/h. Essa è attrezzata con il sistema di controllo SCMT e con il sistema di gestione della circolazione del tipo Controllo Centralizzato del Traffico con copertura GSM-R e la circolazione è gestita dal Dirigente Centrale Operativo (DCO) con sede presso il Posto Centrale di Milano Greco. Lungo la linea sono presenti 58 passaggi a livello, di cui 10 in capo a privati. Per il traffico combinato la linea è classificata con codifica P/C 45. La codifica relativa al peso assiale è la D4L (22,5 t/asse, massa per metro corrente 8,0 t/m, con limitazioni). Le località di servizio presenti sulla linea sono riportate in *Tabella 2-1* mentre la *Tabella 2-2* elenca le sezioni di blocco in cui la linea è suddivisa.



Figura 2-1: linea ferroviaria Codogno - Cremona - Mantova

Tabella 2-1: località di servizio presenti sulla linea Codogno - Cremona - Mantova

Località di servizio	PK	Tipo	Annotazioni
Codogno	0+000	Stazione	
Maleo	5+447	Fermata	
Pizzighettone	7+713	Stazione	
Ponte d'Adda	8+767	Fermata	
Acquanegra Cremonese	16+595	Stazione	
Cava Tigozzi	22+159	Stazione	
Cremona	27+330	Stazione	
Villetta Malagnino	34+832	Stazione	
Gazzo - Pieve San Giacomo	40+958	Stazione	
Torre de' Picenardi	48+582	Stazione	
Piadena	55+286	Stazione	
Bozzolo	63+795	Stazione	
Marcaria	69+160	Stazione	
San Michele in Bosco	72+292	Fermata	<i>Solo 1 coppia di treni effettua servizio passeggeri</i>
Ospitaletto Mantovano	74+910	Fermata	<i>Solo 1 coppia di treni effettua servizio passeggeri</i>
Castellucchio	78+659	Stazione	
Mantova	89+557	Stazione	

Tabella 2-2: sezioni di blocco presenti sulla linea Codogno - Cremona - Mantova

Tratta	km	n- binari	Regime di circolazione
Codogno ↔ Maleo	5,447	1	BCA
Maleo ↔ Pizzighettone	2,266	1	BCA
Pizzighettone ↔ Ponte d'Adda	1,054	1	BCA
Ponte d'Adda ↔ Acquanegra Cremonese	7,828	1	BCA
Acquanegra Cremonese ↔ Cava Tigozzi	5,564	1	BCA
Cava Tigozzi ↔ Cremona	5,171	2	BCA banalizzato
Cremona ↔ Villetta Malagnino	7,502	1	BCA
Villetta Malagnino ↔ Gazzo - Pieve S. G.	6,126	1	BCA
Gazzo - Pieve S. G. ↔ Torre de' Picenardi	7,624	1	BCA
Torre de' Picenardi ↔ Piadena	6,704	1	BCA
Piadena ↔ Bozzolo	8,509	1	BCA
Bozzolo ↔ Marcaria	5,365	1	BCA
Marcaria ↔ Castellucchio	9,499	1	BCA
Castellucchio ↔ Mantova	10,898	1	BCA

2.2. ANALISI DELLA ATTUALE CIRCOLAZIONE

Per quanto riguarda l'attuale offerta di trasporto, ci si trova di fronte a una linea a traffico misto, che vede la circolazione di treni passeggeri (interamente dedicati a servizi regionali) e treni merci.

Per quanto riguarda l'offerta passeggeri la linea Codogno - Cremona - Mantova rientra nello Schema dei servizi Lombardia Est dell'Accordo Quadro per i Servizi di Trasporto Pubblico Locale sottoscritto tra Rete Ferroviaria Italiana e Regione Lombardia nel dicembre 2016, come si può evincere dal grafo in *Figura 2-2*.

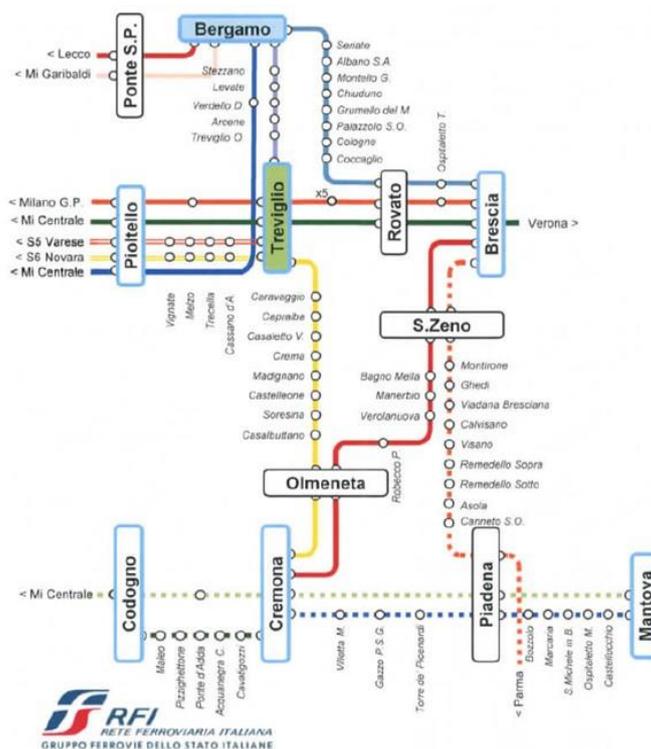


Figura 2-2: schema dei servizi Lombardia Est

Secondo tale schema lo scenario di base dovrebbe essere costituito da tre servizi regionali (RE11 Milano Centrale - Mantova, R39 Codogno - Cremona, R40 Cremona - Mantova) tutti con cadenzamento biorario. Per quanto riguarda la situazione reale, facendo riferimento all'orario 2020 (non tenendo conto della riduzione dei servizi attuata nel periodo di emergenza sanitaria per la pandemia di COVID-19), il corridoio ferroviario oggetto di studio è servito dalle seguenti relazioni del servizio regionale di Regione Lombardia:

- RegioExpress RE11 Milano Centrale - Mantova, con modello di esercizio di tipo mnemonico, ma senza griglia di cadenzamento rigorosa per l'intera giornata, per un totale di 8 coppie di corse con cadenzamento 120 minuti più 2 coppie di rinforzo al servizio delle fasce orarie più utilizzate dai pendolari, più 1 corsa serale Milano Centrale - Cremona per servire la tarda serata;
- Regionale R39, con modello di esercizio parzialmente di tipo mnemonico, per un totale di 7 coppie di treni Codogno - Cremona (di cui due prolungate su Pavia, via Casalpusterlengo);
- Regionale R40, con modello di esercizio parzialmente di tipo mnemonico, per un totale di 4 coppie di treni Cremona - Mantova.

Secondo una scelta industriale dell'Impresa Ferroviaria, fortemente dibattuta a livello di territorio e amministratori locali, alcuni servizi vengono svolti attraverso il ricorso a corse automobilistiche. Le relazioni R39 e R40 risultano integrate con servizio bus sostitutivo per aumentare la frequenza dei collegamenti.

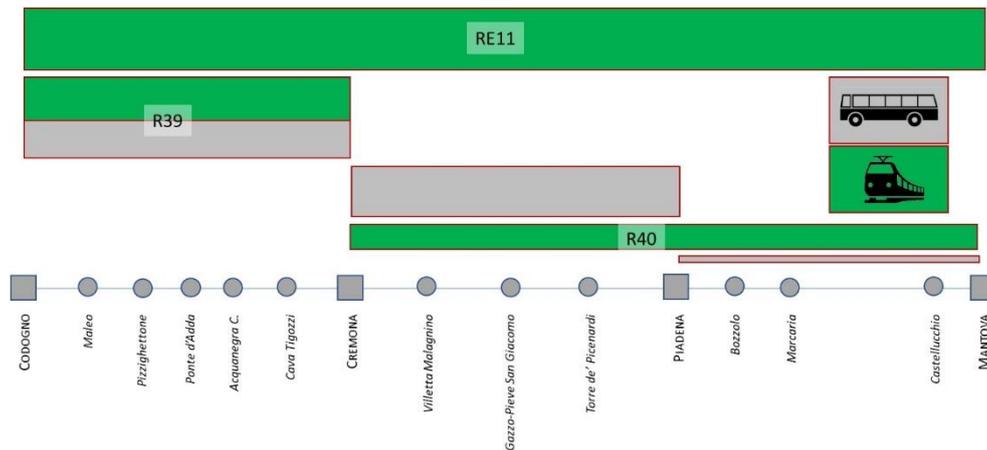


Figura 2-3: organizzazione dei servizi offerti dalle IFF sulla linea oggetto di studio

La linea oggetto di analisi risulta interessata anche da un importante traffico merci in buona parte condizionato dalla presenza di poli attrattori e/o generatori di domanda, dedicati soprattutto al traffico siderurgico e dell'industria agro-alimentare, raccordati direttamente alla rete ferroviaria in quest'area; spostandosi sulla linea da ovest verso est, si incontrano i seguenti impianti merci nelle stazioni di:

- Acquanegra Cremonese, che raccorda un centro di stoccaggio e lavorazione mangimi per animali;
- Cava Tigozzi, principale polo attrattore dell'infrastruttura ferroviaria in esame, raccorda un'ampia area industriale e il porto fluviale di Cremona; i traffici che maggiormente interessano la modalità ferroviaria sono quelli siderurgici e cerealicoli;
- Cremona, che comprende zone per il carico/scarico diretto a piazzale e fasci di presa/consegna e manovra delle utenze raccordate; l'impianto è capolinea di alcuni servizi di trasporto cereali per il mulino locale, ma anche di treni successivamente inoltrati verso altre stazioni; la collocazione urbana dello scalo ha ormai da tempo prefigurato la dismissione delle funzioni merci, da trasferire sull'impianto di Cava Tigozzi;
- Piadena, nodo d'interscambio tra le linee Cremona - Mantova e Parma - Brescia, raccorda un terminal ferroviario dell'industria automotive e un importante polo siderurgico;
- Bozzolo, dove ha sede un'impresa che si occupa della riparazione di materiale rotabile, in particolare di carri merci e vetture passeggeri;
- Marcaria, dove è presente un raccordo per un centro di raccolta e lavorazione di rottami;
- Mantova, di recente dismissione, le cui funzioni sono state assorbite dall'impianto di Mantova Frassine ubicato sulla linea Mantova - Monselice.

Parte del traffico è anche dovuto ad una componente di "attraversamento" data la possibilità di utilizzare la linea in argomento come parte del percorso trasversale est-ovest transpadano.

2.3. ATTUALE POTENZIALITÀ RESIDUA

La strategicità della linea Codogno - Cremona - Mantova può inquadrarsi su più livelli: dal punto di vista del traffico passeggeri è auspicabile un incremento dei servizi passeggeri regionali fino ad arrivare ad uno scenario di medio-lungo termine con un cadenzamento orario dei citati servizi RE11, R39 e R40; dal punto di vista dei servizi merci, deve essere resa possibile una crescita del numero di treni che si attestano negli impianti della linea nonché poter inserire tale linea negli itinerari est-ovest, in sinergia con l'itinerario principale lungo il tracciato del *Core Corridor* Mediterraneo.

In questo capitolo si analizza quindi la possibilità di incrementare il numero di tracce orarie sull'infrastruttura attuale; ai fini del calcolo della capacità "residua" si fa riferimento al metodo di compressione dell'orario presentato dall'*Union internationale des chemins de fer* nella *fiche* 406 R.

2.3.1 INDIVIDUAZIONE DEL COLLO DI BOTTIGLIA

Il primo step affrontato in questa analisi è l'individuazione di un collo di bottiglia all'interno del corridoio ferroviario oggetto di studio. La localizzazione di tale *bottleneck* è legata o a caratteristiche infrastrutturali (ad esempio un tratto a semplice binario all'interno di una linea a doppio binario, oppure un tratto con un sistema di segnalamento più vetusto) o alla variabilità dell'entità e del tipo di traffico ferroviario lungo l'intera linea (presenza di tratte con più tracce orario oppure elevata eterotachicità del traffico).

Nel caso della linea Codogno - Cremona - Mantova le caratteristiche infrastrutturali restano pressoché le medesime su tutto il percorso (ad eccezione del breve tratto a doppio binario tra Cava Tigozzi e Cremona), presentandosi come linea a semplice binario, esercita con Blocco elettrico Conta-Assi ed estensioni delle sezioni di blocco comprese fra 5 e 11 km.

Per l'individuazione del collo di bottiglia l'attenzione si sposta dunque sulle tracce orarie: il traffico presente sull'intera linea risulta essere costituito da treni di diversa natura, in particolare si contano treni del servizio regionale di tipo veloce (i servizi Regio Express 11 diretti su Milano Centrale) e di tipo locale (i servizi R39 e R40), treni merci e treni per invio materiale. Dal momento che si vuole individuare la situazione più critica, vengono analizzati i diversi giorni di una settimana tipo¹, concentrandosi su quelli feriali; tutti i dati utilizzati sono stati estratti dalla Piattaforma Integrata Circolazione (PIC Web) di Rete Ferroviaria italiana. I risultati ottenuti sono riportati in *Tabella 2-3*.

Tabella 2-3: distribuzione settimanale delle tracce orario sull'intera linea

	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì
Treni regionali	42	42	42	42	42
Treni invio materiale	12	12	12	12	12
Treni merci	27	45	33	42	34
TRAFFICO COMPLESSIVO	81	99	87	96	88

Si può osservare come nei giorni feriali il numero di treni regionali e di treni per invio materiale resti costante, ed invece sia variabile il numero di tracce merci. Queste ultime, inoltre, hanno un peso molto rilevante nell'insieme del traffico ferroviario, con punte del 45,5% nella giornata di martedì (valore superiore ai servizi dedicati ai passeggeri).

Per identificare il *bottleneck* è necessaria un'analisi sulle singole tratte della linea, replicando lo schema dei cinque giorni feriali per individuare correttamente la situazione più critica, sia dal punto di vista spaziale, sia da quello temporale, senza concentrarsi al momento sulla composizione del traffico ferroviario. I dati ottenuti sono sintetizzati in *Tabella 2-4*.

Analizzando il prospetto di sintesi realizzato si può osservare come la tratta più critica sia quella compresa fra Cremona e Piadena, nella giornata di martedì (si tenga presente che il tratto Cava Tigozzi - Cremona è stato già raddoppiato): esso presenta ben 71 treni nelle 24 ore.

¹ È stata considerata la settimana che va dal 13 gennaio 2020 al 19 gennaio 2020.

Tabella 2-4: distribuzione settimanale delle tracce orario nelle singole tratte

Tratta	Totale tracce orario nelle 24 ore per singola tratta				
	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì
Codogno ↔ Maleo	46	47	46	48	50
Maleo ↔ Pizzighettone	46	47	46	48	50
Pizzighettone ↔ Ponte d'Adda	46	47	46	48	50
Ponte d'Adda ↔ Acquanegra C.	46	47	46	48	50
Acquanegra C. ↔ Cava T.	47	50	48	49	51
Cava T. ↔ Cremona	62	71	65	70	65
Cremona ↔ Villetta M.	54	69	60	68	56
Villetta M. ↔ Gazzo - Pieve S. G.	54	69	60	68	56
Gazzo - Pieve S. G. ↔ Torre	54	71	60	70	56
Torre ↔ Piadena	54	71	60	70	56
Piadena ↔ Bozzolo	42	53	44	52	41
Bozzolo ↔ Marcaria	42	53	44	52	41
Marcaria ↔ Castellucchio	42	52	44	52	40
Castellucchio ↔ Mantova	43	52	44	53	40

2.3.2 COSTRUZIONE DELL'ORARIO GRAFICO E COMPRESSIONE

Per procedere alla compressione è necessario anzitutto costruire l'orario grafico della linea, con i rettangoli di utilizzazione delle sezioni di blocco per le singole tracce. Per la costruzione di questi sono state seguite le indicazioni della *figura* 406 R; tuttavia, lo schema fornito è rigorosamente applicabile per le sezioni in piena linea, invece per le sezioni che prevedono i posti di blocco di inizio e fine localizzati nelle stazioni (configurazione tipica del Blocco elettrico Conta-Assi su linee a semplice binario) per il calcolo dei tempi occorre porre attenzione a quando i treni effettuano sosta ovvero transitano nelle stazioni. Nel caso in cui questi devono effettuare sosta possono essere accolti in stazione con il segnale di partenza disposto a via impedita e, conseguentemente, con il segnale di protezione della stazione (ed eventualmente relativo avviso) che segnala la necessità di fermarsi in stazione. Nel caso di un treno in transito, invece, per evitare inutili rallentamenti che ne peggiorerebbero la marcia in termini di comfort, di dispendio energetico e di mantenimento della traccia orario, il segnale di partenza deve essere per tempo disposto a via libera. Di conseguenza, anche il segnale di protezione che funge da avviso deve essere disposto a via libera e, qualora la distanza tra questi due segnali sia inferiore a 1200 m, anche il segnale di avviso (che anticipa quello di protezione) deve essere già disposto a via libera, affinché il personale di condotta non si trovi mai di fronte un giallo o un giallo lampeggiante. Si è eseguita questa verifica su tutte le stazioni della tratta critica oggetto di approfondimento e i risultati ottenuti sono esposti in *Tabella* 2-5.

Tabella 2-5: distanze fra i segnali di protezione della stazione e i rispettivi segnali di partenza

Stazione	Senso dispari		Senso pari	
	Distanza (m)	≥ 1200 m ?	Distanza (m)	≥ 1200 m ?
Cremona	1'616	Sì	1'192	No
Villetta Malagnino	994	No	1'029	No
Gazzo - Pieve San Giacomo	1'087	No	1'136	No
Torre de' Picenardi	996	No	990	No
Piadena	1'059	No	1'025	No

Bisogna inoltre tenere presente anche della distanza di visibilità dei segnali, considerata pari a 200 metri. Il tempo di occupazione di ciascuna sezione invece risulta funzione della lunghezza della sezione stessa e della velocità con cui viene percorsa. Il tempo per la liberazione dell'itinerario invece è funzione del ricoprimento a valle del segnale e della lunghezza del treno: la somma, in termini di distanza, di questi due contributi viene assunta pari a 300 metri. Tale contributo risulta dunque trascurabile se il pedale conta-assi di ingresso in stazione (ossia di fuoriuscita dalla sezione di linea) risulta distante dall'asse del fabbricato viaggiatori più di 300 metri: sono state anche in questo caso analizzate tutte le stazioni di interesse e tale requisito risulta sempre soddisfatto, come riportato in *Tabella 2-6*.

Tabella 2-6: distanze dei pedali conta-assi dall'asse del fabbricato viaggiatori

Stazione	Senso dispari		Senso pari	
	Distanza (m)	> 300 m ?	Distanza (m)	> 300 m ?
Cremona	760	Sì	938	Sì
Villetta Malagnino	674	Sì	518	Sì
Gazzo - Pieve San Giacomo	552	Sì	757	Sì
Torre de' Picenardi	738	Sì	426	Sì
Piadena	813	Sì	775	Sì

Occorre infine valutare i tempi legati alla formazione degli itinerari e al loro rilascio: dal momento che tutte le stazioni coinvolte sono dotate di apparati di stazione di tipo ACEI, questi si impongono rispettivamente pari a 30 secondi e a 0 secondi (questo secondo contributo è trascurabile dal momento che gli apparati ACEI sono a rilascio elastico degli itinerari). Riassumendo, quindi, i vari contributi temporali sono sintetizzati in *Tabella 2-7*.

A partire da queste ipotesi e dai dati sulle tracce orario presenti, è stato possibile realizzare l'orario grafico per la giornata di martedì, riportato in *Figura 2-4* e in *Figura 2-5*.

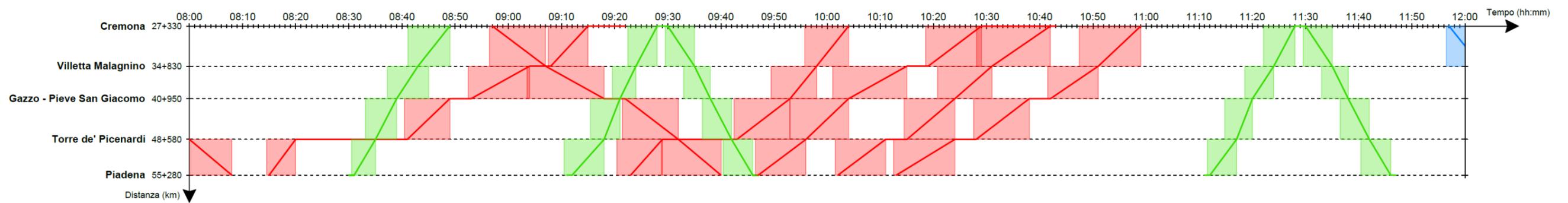
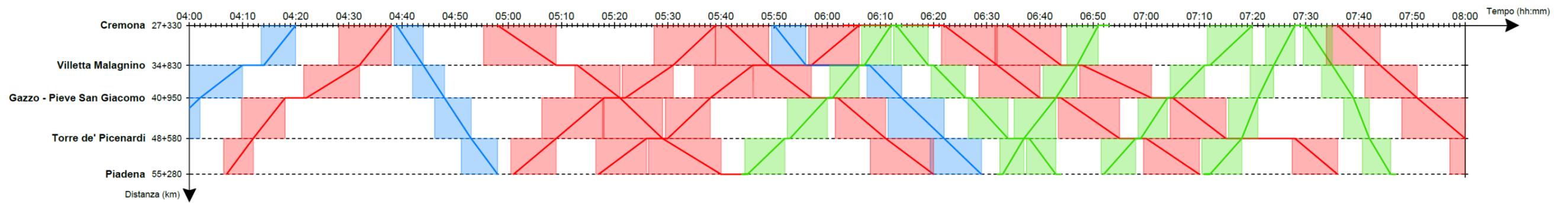
Si è successivamente operata la compressione dell'orario grafico, ottenendo quanto più precisamente mostrato in *Figura 2-6* e in *Figura 2-7*.

È bene osservare che, dato l'elevato numero di tracce orario nella giornata, attualmente non sono previste Interruzioni Programmate d'Orario (IPO) nella giornata di martedì, ma queste sono state concentrate, per l'intera linea Codogno - Cremona - Mantova, nella fascia orario 23.45÷3.45 fra le sole notti tra giovedì /venerdì, venerdì/sabato e sabato/domenica, quando le tracce orario risultano meno numerose (a questo

proposito si è operata una ricollocazione, rispetto all'anno 2019, di tracce merci verso i giorni centrali della settimana, ove possibile).

Tabella 2-7: contributi al tempo di utilizzazione delle sezioni

	Transito	Sosta
Tempo di formazione dell'itinerario	30 secondi	30 secondi
Tempo per la distanza di visibilità del segnale	Funzione della velocità ($d_{\text{visibilità}} = 200 \text{ m}$)	0 secondi (incluso nella sosta)
Tempo di occupazione dell'avviso della sezione	Funzione della velocità e della distanza del segnale di avviso	0 secondi (treno accolto in stazione con il rosso al segnale di partenza)
Tempo di occupazione della sezione	Funzione della velocità e della lunghezza della sezione	
Tempo per la liberazione dell'itinerario (ricoprimento + L_{treno})	Calcolato con spazio = 300 m (0 secondi se P.C.A. più distante di 300 m da asse F.V.)	
Tempo per il rilascio dell'itinerario	0 secondi	



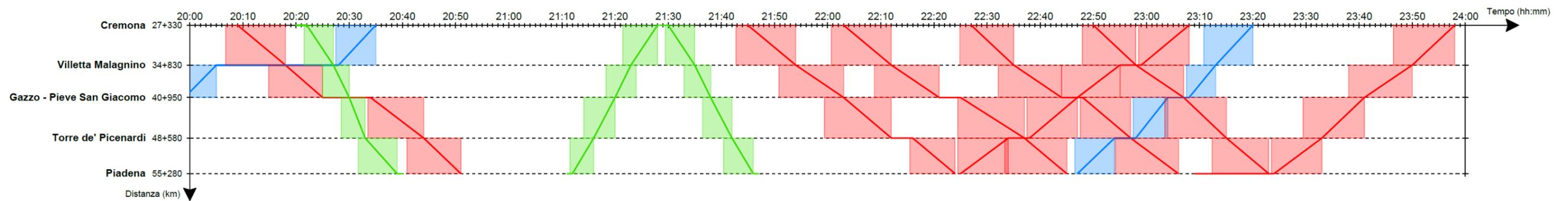
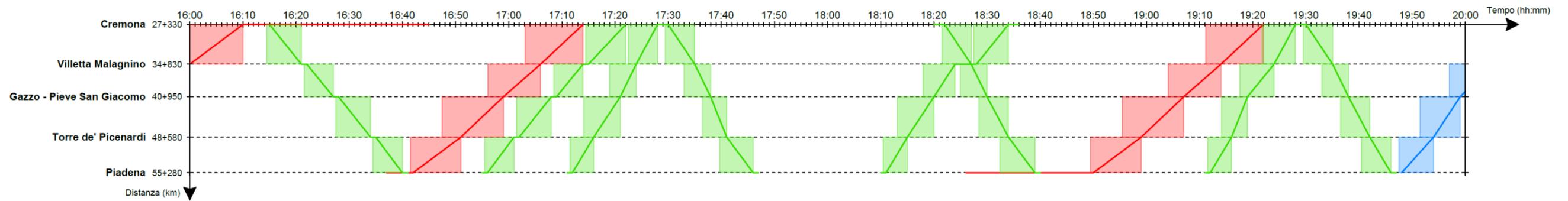
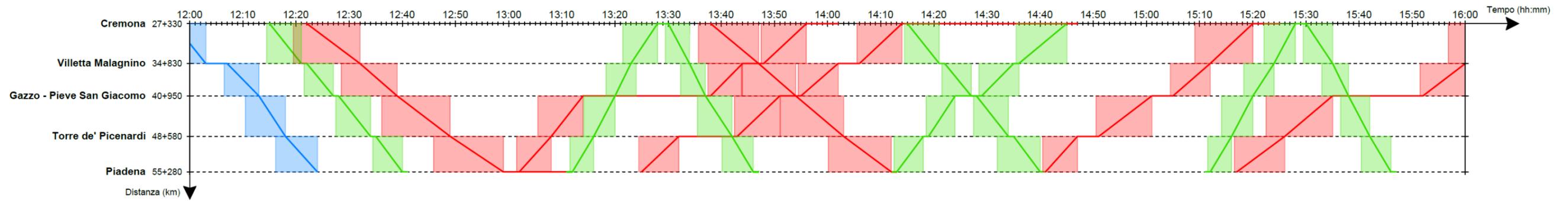
Legenda tracce orario

— Treni regionali: REG

— Treni per invio materiale: INV

— Treni merci: EUC, MRI, MRS, MRV, MT, TC, TEC, TRA, LIS

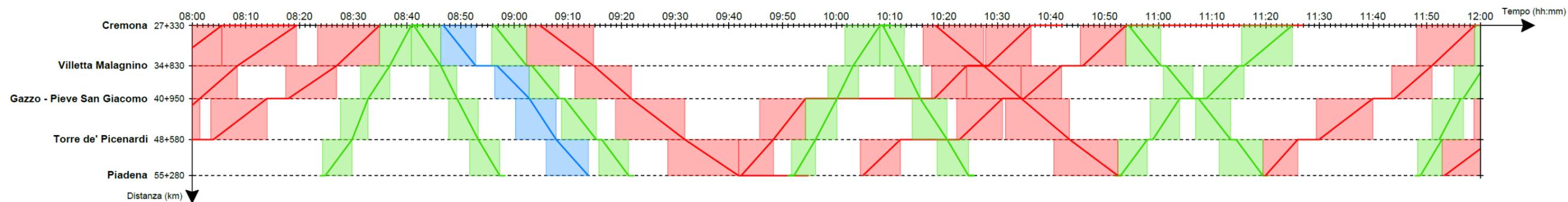
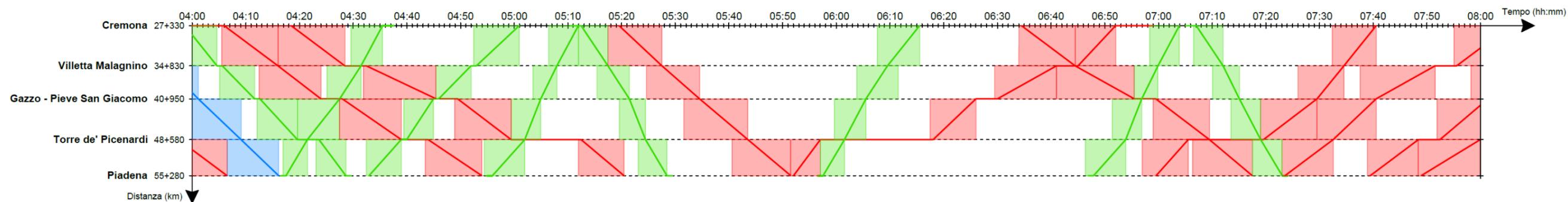
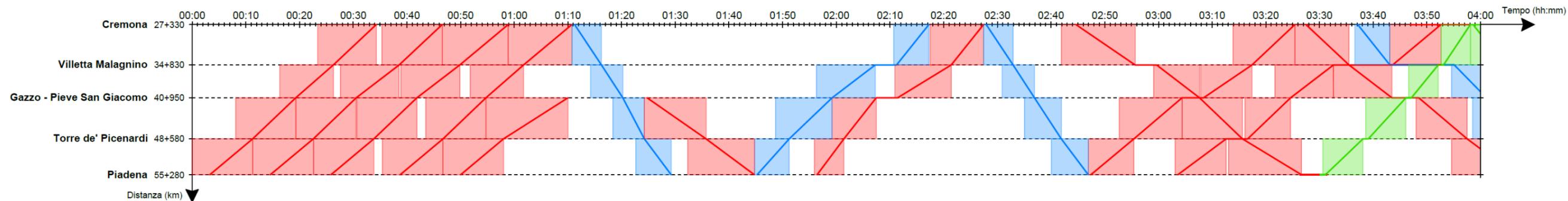
Figura 2-4: orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 00-12)



Legenda tracce orario

— Treni regionali: REG
 — Treni per invio materiale: INV
 — Treni merci: EUC, MRI, MRS, MRV, MT, TC, TEC, TRA, LIS

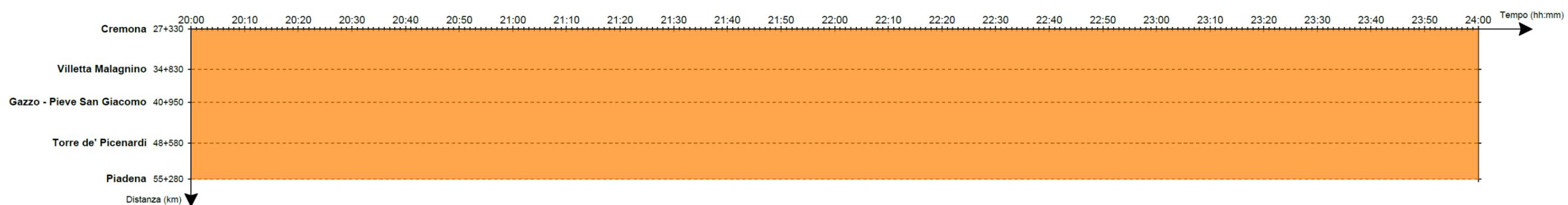
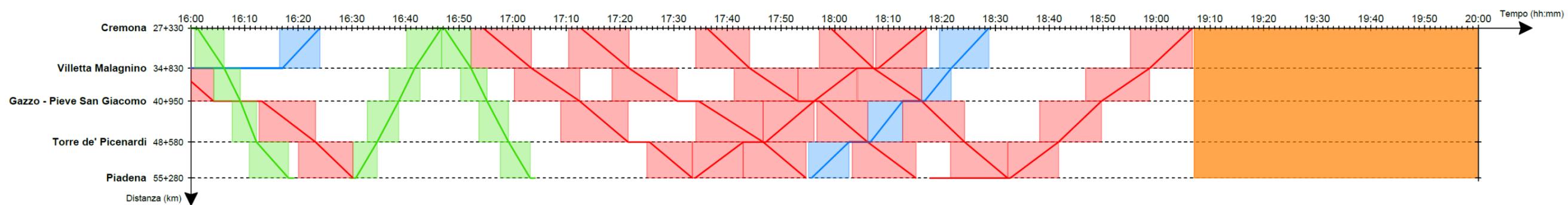
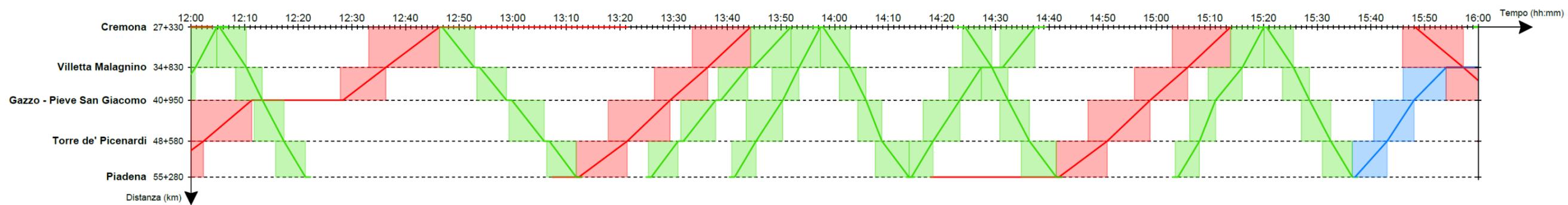
Figura 2-5: orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 12-24)



Legenda tracce orario

— Treni regionali: REG
 — Treni per invio materiale: INV
 — Treni merci: EUC, MRI, MRS, MRV, MT, TC, TEC, TRA, LIS

Figura 2-6: compressione dell'orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 00-12)



Legenda tracce orario

— Treni regionali: REG
 — Treni per invio materiale: INV
 — Treni merci: EUC, MRI, MRS, MRV, MT, TC, TEC, TRA, LIS

Figura 2-7: compressione dell'orario grafico attuale della linea Codogno - Cremona - Mantova (giornata critica, fascia oraria 12-24)

2.3.3 CALCOLO DELLA CAPACITÀ RESIDUA

Una volta eseguita la compressione dell'orario grafico è possibile calcolare numericamente la capacità residua della linea, seguendo rigorosamente l'approccio presentato nella *fiche* 406 R.

Con riferimento all'esercizio attuale reale, in assenza di IPO, considerando che la linea è a traffico misto e adottando i valori raccomandati dall'UIC in termini di tasso di occupazione della linea e di tempo aggiuntivo di occupazione della linea, si ottengono i risultati dell'analisi di capacità residua riportati in *Tabella 2-8*.

Tabella 2-8: calcolo della capacità residua della linea su scenario attuale reale

	Scenario attuale reale (attuali servizi passeggeri e merci)
Tratta più critica	Cremona ↔ Piadena
Intervallo di osservazione	Giornaliero (24 ore: 1440 min)
IPO (Interruzioni Programmate d'Orario)	Non presenti
N. tracce orario	71
- di cui treni regionali	29
- di cui treni per invio materiale	7
- di cui treni merci	35
Tipo di linea	A traffico misto
Tempo di occupazione della linea	1'147 min
Tasso di occupazione della linea	79,7%
Valore limite del tasso di occupazione della linea consigliato	60,0%
Tempo aggiuntivo di occupazione della linea consigliato	67,0%
Consumo di capacità	133,0%
Capacità residua	-33,0%

Dal momento che la capacità utilizzata risulta superiore al 100% e, di conseguenza, la capacità residua negativa, la situazione si presenta molto critica già con il traffico attuale. Si è in condizioni di saturazione della linea, con mancato rispetto dei minimi tempi cuscinetto raccomandati dall'UIC (utili per assorbire perturbazioni dell'esercizio ferroviario).

Inoltre, qualora sia necessario inserire delle Interruzioni Programmate d'Orario tutte le notti, oppure ci sia un incremento delle tracce orario nei giorni in cui esse sono già presenti (fino ad arrivare alla quantità limite, attualmente assegnata alla sola giornata di martedì), la situazione diverrebbe ancor più critica, come mostrato in *Tabella 2-9*.

Tabella 2-9: calcolo della capacità residua della linea su scenario attuale con aggiunta di IPO

Scenario attuale con aggiunta di IPO (attuali servizi passeggeri e merci)	
Tratta più critica	Cremona ↔ Piadena
Intervallo di osservazione	Giornaliero con IPO (20 ore: 1200 min)
IPO (Interruzioni Programmate d'Orario)	4 ore: 240 minuti
N. tracce orario	71
- di cui treni regionali	29
- di cui treni per invio materiale	7
- di cui treni merci	35
Tipo di linea	A traffico misto
Tempo di occupazione della linea	1147 min
Tasso di occupazione della linea	95,6%
Tasso di occupazione della linea consigliato (valore limite giornaliero)	60,0%
Tempo addizionale di occupazione della linea consigliato	67,0%
Consumo di capacità	159,6%
Capacità residua	-59,6%

Riassumendo, la saturazione della linea può essere ben compresa dalle verifiche riportate in Tabella 2-10.

Tabella 2-10: quadro riassuntivo della saturazione della linea

	Scenario attuale (attuali servizi passeggeri e merci)			
	Reale		Con aggiunta di IPO	
	Test 1: tasso di occupazione	79,7% > 60,0 %		95,6% > 60,0 %
Test 2: consumo di capacità	133,0% > 100,0 %		159,6% > 100,0 %	

Questi risultati confermano quanto esposto nel documento che presenta i gradi di utilizzo dell'infrastruttura all'interno del PIR 2019, in cui la tratta Cremona - Piadena risulta per buona parte della giornata in condizioni di saturazione, come riportato in Figura 2-8.

MacroTratta	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Carico orario massimo	Carico giornaliero	Capacità Commerciale oraria	Capacità Commerciale giornaliera
CREMONA - PIADENA	3	2	1	2	4	4	4	4	3	2	5	2	4	4	3	4	4	2	4	3	4	4	2	5	74	4	80	

MacroTratta	Capacità Limitata Soglia oraria (%)	Capacità Limitata Soglia giornaliera (%)	Saturazione Soglia oraria (%)	Saturazione Soglia giornaliera (%)	APPLICAZIONE PENALI	DICHIARAZIONE DI SATURAZIONE				
CREMONA - PIADENA	100%	4	90%	70	100%	4	100%	80	SI	SI

Figura 2-8: grado di saturazione della tratta Cremona - Piadena da PIR 2019

3. ANALISI DEL CONTESTO TERRITORIALE E TRASPORTISTICO

In questo capitolo sono rappresentate le principali caratteristiche del territorio attraversato dalla infrastruttura oggetto di studio. Queste caratteristiche saranno declinate in termini di sistema di infrastrutture, di dinamiche demografiche che si sono registrate nel tempo, di caratteristiche occupazionali, di domanda di trasporto generata/attratta dal territorio e specifica dei due segmenti passeggeri e merci.

Il territorio preso in considerazione è quello delimitato dalla cosiddetta **area di studio**, intesa come l'area geografica all'interno della quale è situato il sistema di trasporto oggetto di intervento e nella quale si esauriscono la maggior parte degli effetti generati dagli interventi progettati. Talune caratteristiche dell'area di studio si avvarranno di una sua delimitazione in **zone di traffico**, delimitazione anche finalizzata alla analisi delle dinamiche di mobilità passeggeri che, come noto, utilizzano opportune matrici origine/destinazione degli spostamenti.

L'area di studio è anzitutto costituita dall'**area di intervento**, composta dai territori comunali che hanno un diretto impatto dalla realizzazione dell'intervento in esame e che comprenderà anche la porzione di territorio circostante in cui è ipotizzabile rilevare in misura significativa gli effetti del raddoppio della linea. Questa area è stata considerata costituita da 204 comuni ed è rappresentata in colore omogeneo verde nella seguente. L'area, composta da 189 comuni della regione Lombardia che ricadono nelle province di Brescia, Cremona, Lodi, Mantova e Milano, 12 comuni delle province di Piacenza e Parma che rientrano nei limiti amministrativi della regione Emilia Romagna e 3 comuni della provincia di Verona che ricadono nella giurisdizione della regione Veneto, risulta quindi suddivisa in **219 zone** di traffico; il territorio del comune di Milano è stato in particolare suddiviso in 16 zone.

Tale area è stata individuata mediante isocrone a 20' in auto dalle stazioni ferroviarie e dalle fermate poste sulla linea tra le località di Codogno e Mantova. Poiché molti dei servizi ferroviari, che percorrono la linea oggetto di studio, hanno origine/destinazione nella città di Milano, si è scelto di estendere l'area d'intervento all'intero capoluogo lombardo. Inoltre, in previsione di estendere le analisi oggetto del presente rapporto agli interventi di potenziamento previsti sulla linea Cremona-Olmeneta, l'area d'intervento è stata ulteriormente estesa considerando isocrone a 20 minuti dalla stazione di Olmeneta.

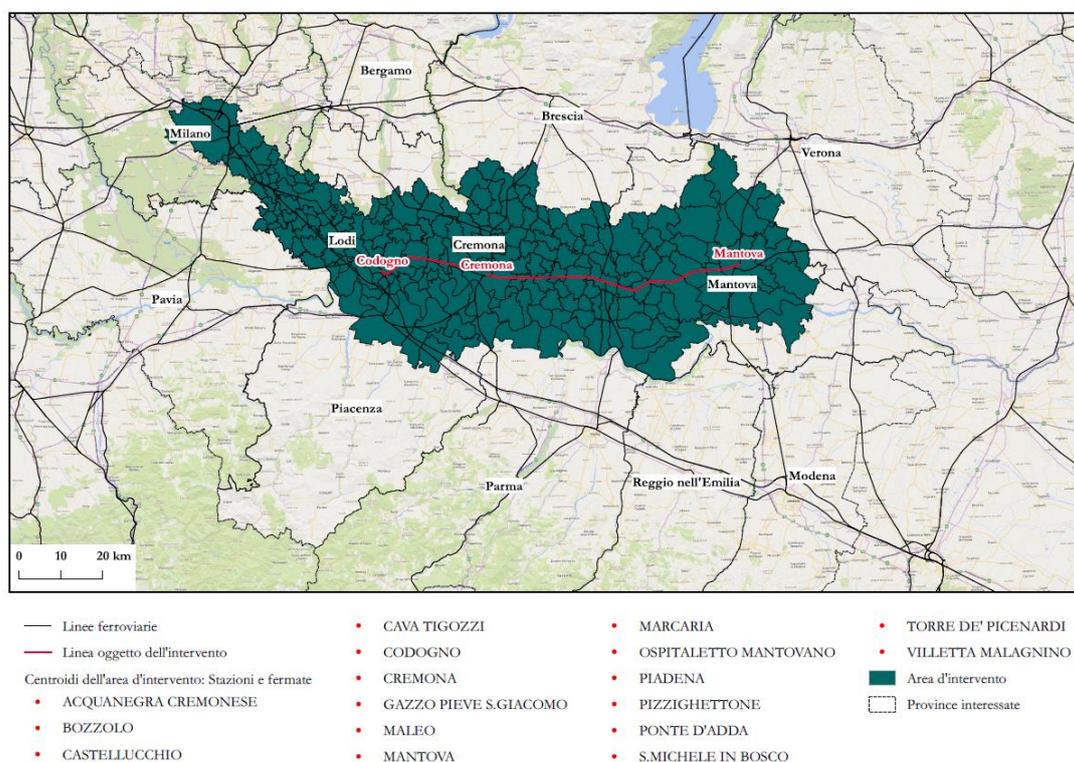


Figura 3-1: Area d'intervento

Al fine di comprendere nell'area di studio il territorio in cui hanno origine o destinazione la maggior parte degli spostamenti, il confine dell'**area di studio**, rispetto a quello dell'area di intervento, è stato esteso a porzioni dei territori delle province circostanti l'area di intervento stessa. Le *catchement area* di ciascuna provincia sono state individuate generando isocrone a 20 minuti in auto dalle stazioni poste nei capoluoghi di provincia e, per le province più estese, anche in quelle maggiormente frequentate. Sono stati così individuati ulteriori 441 territori comunali a loro volta aggregati in 19 zone di traffico che costituiscono di fatto un cordone intorno all'area d'intervento. Si precisa che i comuni il cui territorio ricadeva sia all'interno del cordone che nell'area d'intervento si è scelto di assegnarli all'area di intervento.

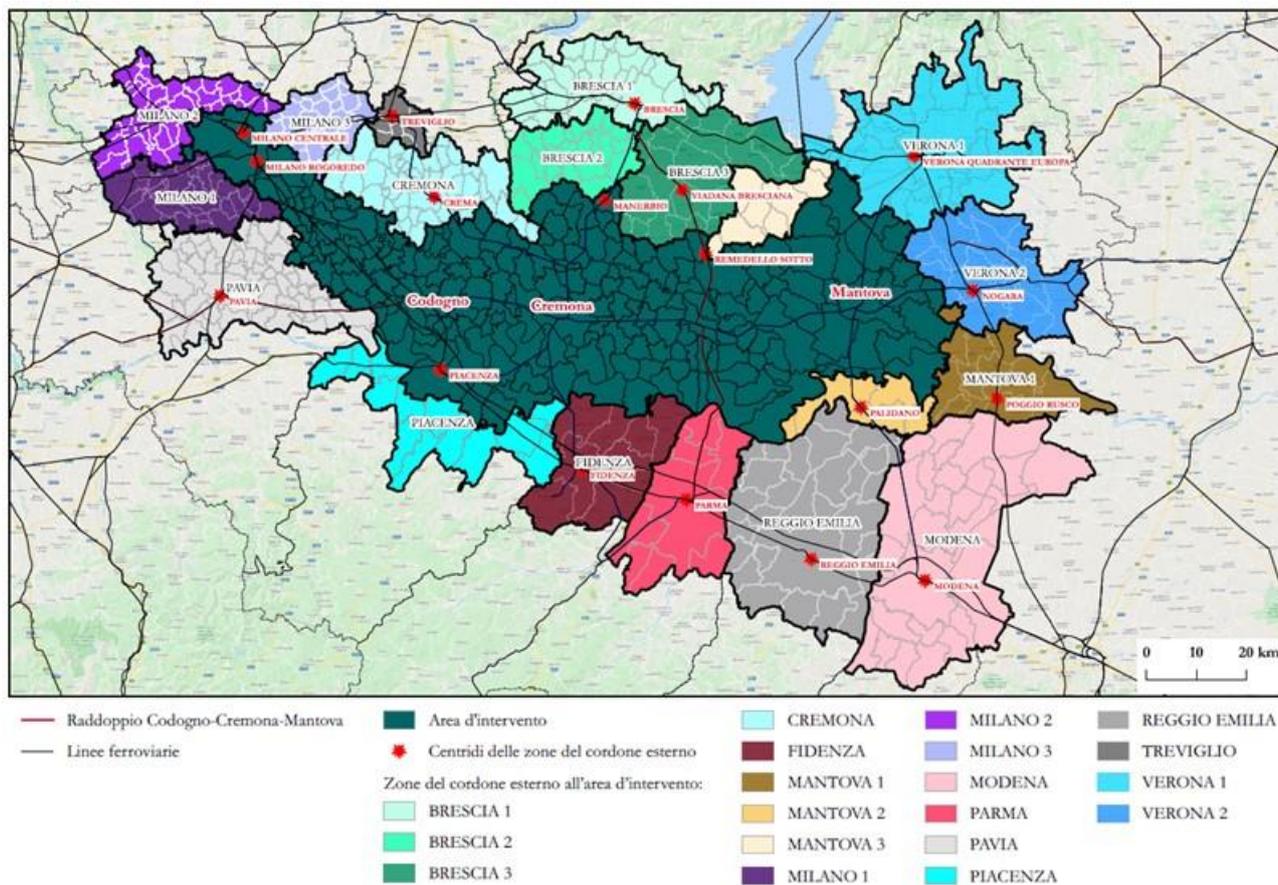


Figura 3-2: Area di studio

Nel caso della provincia di Milano, considerata la vastità del territorio, sono state individuate tre macro zone (Milano 1-2-3). Inoltre, si è scelto di estendere l'area di studio fino al comune di Treviglio in quanto la stazione ferroviaria risulta essere strategica per i servizi ferroviari; difatti nell'Accordo Quadro è previsto l'efficientamento della linea Cremona-Treviglio/Brescia. L'area di studio comprende anche il comune di Verona in considerazione delle relazioni tra questo comune e parti dell'area di intervento (in particolare la porzione appartenente alla provincia di Mantova).

3.1. IL SISTEMA DELLE INFRASTRUTTURE NELL'AREA DI STUDIO

La Lombardia, il Veneto e l'Emilia Romagna sono tra le regioni d'Italia in cui la rete delle vie di comunicazione è più capillare ed è costituita da un'articolata rete stradale e ferroviaria. Da sottolineare come l'area di studio sia anche caratterizzata da un sistema idroviario, appartenente alla rete Padano-Veneta, che comprende fiumi e canali navigabili (di cui il fiume Po costituisce l'asse principale), porti e terminal idroviari (i più importanti quelli di Cremona e Mantova); la presenza di numerose strozzature rende ancora oggi trascurabile il contributo che tale sistema può fornire al trasporto merci.

Di seguito verrà esposta una breve descrizione del sistema infrastrutturale stradale e ferroviario a servizio dell'area di studio che come visto comprende territori appartenenti alle citate regioni Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna.

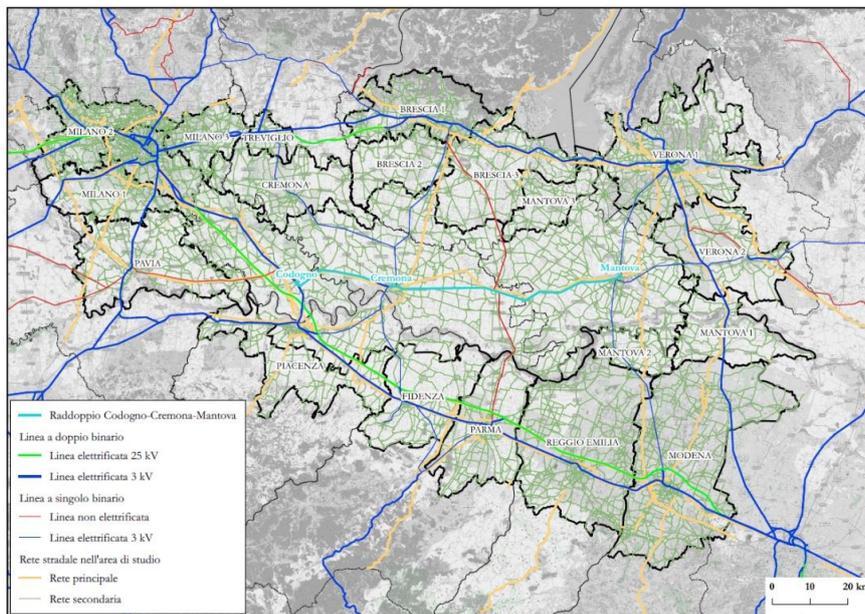


Figura 3-3: Rete infrastrutturale nell'area di studio

3.1.1 IL SISTEMA DELLE INFRASTRUTTURE FERROVIARIE

La rete ferroviaria nell'area di studio è gestita totalmente da Rete Ferroviaria Italiana; i servizi viaggiatori sono affidati alla società Trenord, per quelli che fanno capo alla regione Lombardia, alle società Trenitalia Tper, per i servizi commissionati dalla regione Emilia Romagna, e Trenitalia per i servizi richiesti dalla regione Veneto.

Nel cordone, la maggior parte delle linee che servono il territorio fanno parte della rete fondamentale, mentre quelle dell'area d'intervento rientrano nella rete complementare.

Sulla linea oggetto della presente, le principali stazioni di diramazione sono Codogno, Cremona, Piacenza e Mantova. Da queste località si estendono linee ferroviarie che mettono in comunicazione la zona a nord dell'area di studio con quella a sud.

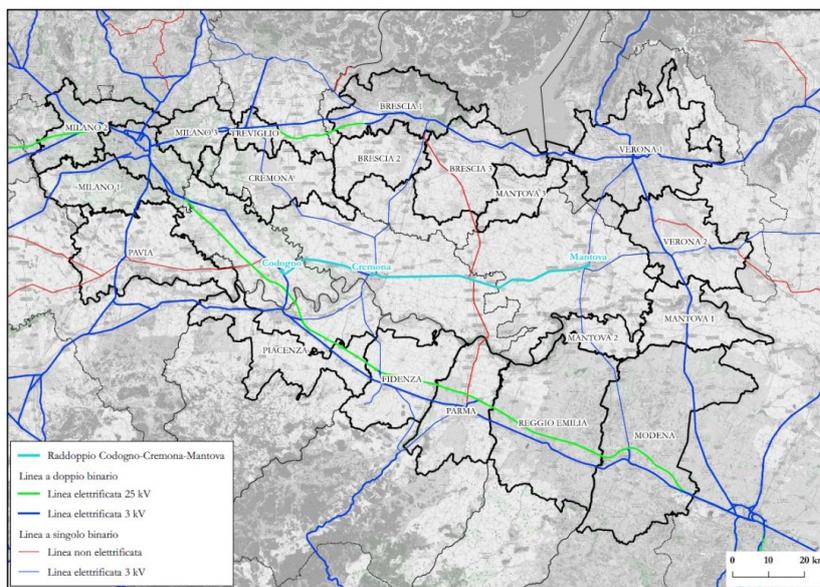


Figura 3-4: Rete ferroviaria nell'area di studio

Per la stazione di Codogno passa la linea storica Milano – Bologna, che congiunge i comuni situati a nord-ovest dell’area di studio con quelli a sud-est e serve le province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia e Modena. Lungo questa direttrice si stacca, e si dirige verso ovest, la linea Casalpusterlengo - Pavia. Inoltre, questi territori sono attraversati dalla linea AV Milano - Bologna che permette spostamenti di lunga percorrenza da e per gli omonimi capoluoghi passando per la stazione Reggio Emilia AV Mediopadana.

Dalla stazione di Cremona si stacca, in direzione nord, la linea Cremona - Olmeneta. Da quest’ultima località si ramificano due tracciati, uno che arriva alla stazione di Treviglio e l’altro raggiunge la città di Brescia passando per la stazione S. Zeno Folzano, entrambi si ricollegano con la linea Milano - Verona. Mentre, per il collegamento verso sud, si percorre la linea Cremona – Castelvetro e giungendo all’omonima stazione si diramano due linee che arrivano nella località di Fidenza e nella stazione di Piacenza.

Il collegamento nord-sud, via Piadena, avviene lungo la linea Brescia - S. Zeno Folzano - Piadena – Parma.

La zona orientale dell’area di studio è collegata da nord a sud da dalla linea Verona – Mantova – Modena. Dalla stazione di Mantova si stacca la linea complementare che arriva alla stazione di Nogara. In quest’ultima passa la linea fondamentale Verona – Nogara – Bologna.

Infine, la parte nord del territorio è attraversata dalla linea Milano – Brescia – Verona che collega l’area da ovest ad est.

Nella seguente tabella si riportano le linee ferroviarie sopra citate, evidenziando l’estesa di ciascuna linea, il numero di binari, il sistema di trazione e la codifica per tipologia di trasporto combinato.

Tabella 3-1: Caratteristiche delle linee che attraversano l'area di studio

Linea Commerciale	Lunghezza [km]	Numero Binari	Sistema di Trazione	Codifica per traffico combinato
Storica Milano - Bologna	218,389	2	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Mi - Bo AV/AC	217,806	2	Linea elettrificata a 25 kV (c.a.)	P/C80
Pavia - Casalpusterlengo	41,605	1	Linea non elettrificata	P/C22
Olmeneta - Cremona	10,831	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Brescia - Olmeneta	5,661	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Treviglio - Olmeneta	53,745	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Milano – Brescia - Verona (LL)	137,21	2	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C80 ¹
Bivio Casirate – Brescia Est	52,582	2	Linea elettrificata 3 kV (c.c.) 25 kV (c.a.)	P/C80
Cremona - Castelvetro	6,087	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Castelvetro - Fidenza	27,806	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Piacenza - Castelvetro	20,301	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
S. Zeno Folzano - Piadena	59,431	1	Linea non elettrificata	P/C22
Piadena - Parma	38,274	1	Linea non elettrificata	P/C22
Verona - Mantova	33,278	1 ²	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Mantova- Modena	63,578	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C45
Mantova - Nogara	26,195	1	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C80
Verona - Bologna	105,561	2	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)	P/C80

¹ Solo la tratta Bivio P.C. Fenilone - Verona Porta Nuova (3,244 km) è codificata P/C45
² Solo la tratta Bivio P.C. S. Lucia – Dossobuono (3,96 km) è a doppio binario

3.1.2 IL SISTEMA DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI

L’area di studio è servita da dorsali che collegano i centri più importanti da Est a Ovest e da Nord a Sud.

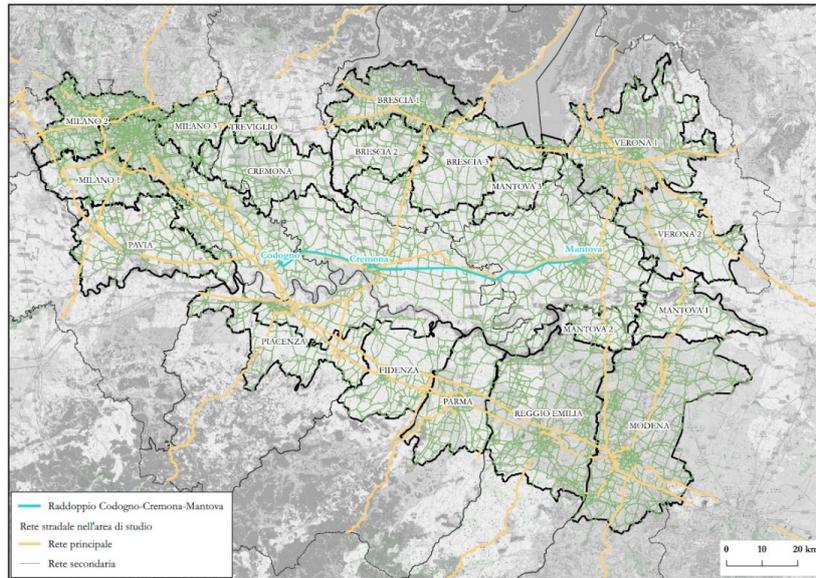


Figura 3-5: Rete stradale nell'area di studio

Sono di seguito sinteticamente descritte le principali infrastrutture stradali che attraversano l'area di studio².

- L'Autostrada A4 (*Serenissima*) congiunge Torino con Trieste via Milano, Bergamo e Brescia, attraversa da ovest ed est le regioni Piemonte, Lombardia, Veneto e Friuli Venezia Giulia, fa parte di uno dei principali corridoi europei che collegano la Penisola Iberica con i Balcani.

Autostrada A4	
Lunghezza	517 km
Larghezza	25 – 50 m
Corsie per senso di marcia	2/4
Classificazione funzionale	A

- L'Autostrada A35 (*BreBeMi*), inaugurata nel luglio 2014, collega Brescia a Milano senza passare per la città di Bergamo;

Autostrada A35	
Lunghezza	62 km
Larghezza	-
Corsie per senso di marcia	3
Classificazione funzionale	A

- L'Autostrada A1 (*Autostrada del Sole*) congiunge Milano con Napoli attraversando 6 regioni (Lombardia, Emilia Romagna, Toscana, Umbria, Lazio e Campania) e collegando le città di Milano, Bologna, Firenze, Roma e Napoli. Il tratto lombardo è lungo 47,1 km, dalla zona sud-est di Milano (come prosecuzione della Tangenziale Est) al ponte sul fiume Po: nei pressi di Piacenza attraversa le province di Milano e Lodi; nei pressi di San Giuliano Milanese si collega con la Tangenziale Ovest di Milano. Il tracciato corre parallelo alla SS 9 Emilia e si presenta pianeggiante con tre corsie per entrambi i sensi di marcia.

Autostrada A1	
Lunghezza	754 km
Larghezza	24.20/32.50 m
Corsie per senso di marcia	2-3
Classificazione funzionale	A

² In grassetto quelle che attraversano l'area di intervento

- L'**Autostrada A21** (*Autostrada dei vini*) attraversa Piemonte, Lombardia ed Emilia Romagna e connette Torino con Brescia via Voghera e Cremona. L'infrastruttura stradale attraversa la Lombardia in due tratte separate, inizialmente nella bassa provincia di Pavia e successivamente nella provincia di Cremona e Brescia; nella tratta centrale attraversa il territorio di Piacenza. L'estensione complessiva dei tratti lombardi dell'A21 è pari a 90 km e presenta 2 corsie per senso di marcia.

Autostrada A21	
Lunghezza	238.2 km
Larghezza	25 m
Corsie per senso di marcia	2-3
Classificazione funzionale	A

- L'**Autostrada A22** (*Autostrada del Brennero*) è un'asse di particolare importanza per i collegamenti tra il sud ed il nord dell'Europa: sfruttando il valico alpino del Brennero, collega la Pianura Padana e l'Autostrada A1 con l'Austria e la Germania, attraversando Emilia Romagna, Lombardia, Veneto e Trentino Alto Adige. Da Modena l'autostrada percorre la pianura in direzione nord, toccando Carpi (MO) e Mantova; a Verona interseca l'Autostrada A4 Torino - Trieste, quindi si assesta nella valle dell'Adige parallelamente al Lago di Garda, supera Rovereto e Trento e raggiunge Bolzano. Da qui si insinua nella valle dell'Isarco superando Bressanone e Vipiteno fino a giungere alla dogana del Brennero. Superato il Brennero il corridoio Modena - Monaco continua sulla Brenner Autobahn austriaca. La tratta ricadente nella regione Lombardia ha una lunghezza di quasi 40 km (rappresentando poco più del 12% dell'intero itinerario).

Autostrada A22	
Lunghezza	313 km
Larghezza	25 m
Corsie per senso di marcia	2
Classificazione funzionale	A

- La **Strada Statale 9** (*Emilia*) collega il capoluogo emiliano di Rimini con il capoluogo lombardo di Milano coprendo, in totale, quasi 330 km, di cui circa 60 in territorio lombardo. Il tracciato entra in Lombardia, in provincia di Lodi, ne percorre l'abitato, e raggiunge Milano da sud - est, attraversando Melegnano (MI) e S. Donato Milanese (MI). Il tracciato si sviluppa parallelamente alle autostrade A14 - Adriatica e A1 Milano - Napoli, toccando tutti i principali centri abitati della regione. Il percorso risulta principalmente pianeggiante, con lunghi tratti rettilinei e numerosissimi centri abitati, intorno ai quali sono state realizzate diverse opere di circonvallazione.

Strada Statale 9	
Lunghezza	262.39 km
Larghezza	10.50 m
Corsie per senso di marcia	1
Classificazione funzionale	C1

- La **Strada Statale 12** (*dell'Abetone e del Brennero*) è un'importante strada statale italiana che collega l'Italia settentrionale con il confine con l'Austria. Alcuni tratti sono stati dismessi dalla gestione Anas e risultano di competenza delle province attraversate. Il suo tracciato ha inizio in provincia di Pisa e nel suo percorso tocca 5 regioni (Toscana, Emilia Romagna, Lombardia, Veneto, Trentino Alto Adige). Entra in Lombardia all'altezza del comune di Poggio Rusco, in provincia di Mantova, dove incontra la SS 496 Virgiliana.

Strada Statale 12	
Lunghezza	523.78 km
Larghezza	9.50 m
Corsie per senso di marcia	1
Classificazione funzionale	C2

- L'ex **Strada Statale 234** (*Codognese*) è una strada provinciale italiana che collega le città di Pavia e Cremona, con un **percorso parallelo alla tratta ferroviaria Codogno - Cremona**; attraversa diverse località, alcune di

una certa importanza, tra cui Belgioioso in provincia di Pavia, Casalpusterlengo e Codogno in provincia di Lodi e Pizzighettone in provincia di Cremona. Il suo sviluppo stradale si presenta piuttosto ampio, con un percorso prevalentemente rettilineo. Entrando in provincia di Lodi, si collega all'autostrada A1 nei pressi di Casalpusterlengo (LO), prima di attraversarne l'abitato, ed il centro di Codogno (LO); termina il suo percorso, entrando in Cremona da Ovest. A Casalpusterlengo interseca la SS 9 Via Emilia, mentre a Santa Cristina, la ex SS 412 della Val Tidone; a Ospedaletto Lodigiano è accessibile direttamente dalla strada un casello autostradale(A1).

Strada Statale 234	
Lunghezza	72.4 km
Larghezza	9 m
Corsie per senso di marcia	1
Classificazione funzionale	F1

- La **Strada Provinciale 10** ex SS (*Padana Inferiore*) percorre da Ovest ad Est la Pianura Padana, a cavallo del fiume Po; ha origine a Torino e termina a Monselice (PD). Entra in Lombardia nella parte meridionale della provincia di Pavia, e di lì per un breve tratto in Emilia Romagna, nel territorio di Piacenza. Al rientro in Lombardia tocca Cremona e Mantova, **fiancheggiando la tratta ferroviaria Cremona-Mantova**, e successivamente in Veneto attraversando le provincie di Verona e Padova e terminando a Monselice. Il percorso è interamente pianeggiante, con lunghi tratti rettilinei e numerosi attraversamenti di centri abitati, intorno ai quali sono state realizzate diverse opere di circonvallazione.

Strada Provinciale 10	
Lunghezza	127.4 km
Larghezza	9,5/22 m
Corsie per senso di marcia	1/2
Classificazione funzionale	C2/B

3.2. DINAMICHE DEMOGRAFICHE ED OCCUPAZIONALI

Ai fini dell'analisi demografica ed occupazionale dell'area di studio, tesa a rilevare i fattori socio-economici che possono influenzare la domanda di trasporto, sono stati elaborati i dati rilevati da ISTAT.

Per tutte le variabili censuarie prese in esame (popolazione, studenti, addetti e occupati) e per ciascuna zona dell'area di studio, si dispone dei dati rilevati nell'anno 2011 (15° Censimento della popolazione); i successivi rilevamenti forniscono dati aggregati per comune e/o provincia che includono:

- il bilancio demografico al 31 dicembre 2018 per la popolazione residente;
- la stima degli occupati al 29 novembre 2019, che include anche le persone in cerca di lavoro, nonché informazioni sui principali aggregati dell'offerta di lavoro, professione, ramo di attività economica, ore lavorate, tipologia e durata dei contratti, formazione;
- i dati all'anno 2017 riguardanti gli addetti presenti nel Registro Statistico delle Imprese Attive, il quale è aggiornato annualmente attraverso un processo di integrazione di informazioni provenienti sia da fonti amministrative, gestite da enti pubblici o da società private, sia da fonti statistiche.

Non ci sono rilevamenti più recenti per la variabile censuaria studenti.

Poiché i dati più aggiornati che ISTAT mette a disposizione sono aggregati per comune e/o provincia, comprendendo di conseguenza anche comuni non appartenenti all'area di studio, tutte le variabili censuarie sono state esaminate nella distribuzione all'anno 2011 e confrontate con le informazioni più recenti.

La zonizzazione dell'area di studio considerata, anche per le rappresentazioni relative all'anno 2011, è quella definita al capitolo precedente. Questa parte dalla suddivisione dei territori comunali all'anno 2018, comprensiva quindi della fusione di alcuni comuni che ricadono nell'area e che risultavano presenti nel 2011. Le valutazioni del presente capitolo sono state quindi elaborate a partire dai dati delle sezioni di censimento, aggregati su base comunale per ciascuna zona dell'area d'intervento, eccetto il comune di Milano per il quale, come già detto, il territorio comunale risulta suddiviso in 16 zone. Le zone di traffico sono complessivamente 238 di cui 219 ricadenti nell'area di

intervento. Il numero complessivo di comuni considerati è pari a 645, 441 comuni dei quali ricadenti nell'area di intervento.

3.2.1 VARIABILI DEMOGRAFICHE

Al 31 dicembre 2018, la popolazione residente nell'area di studio è risultata pari a **7,6 mln** di individui, con un incremento di 0,3 mln rispetto al 2011; il **32,3%** della popolazione risiede **all'interno dell'area di intervento**.

L'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di pochi centri dai caratteri propriamente urbani, a cui si affiancano numerosi centri con popolazione residente al di sotto delle 2.000 unità e distribuzione pressoché uniforme sul territorio.

La più recente crescita insediativa si è innestata sulle aree industriali e commerciali che hanno privilegiato la vicinanza alle maggiori infrastrutture viarie, interessando in misura maggiore le aree adiacenti ai centri edificati, seguendo molteplici configurazioni, da quelle compatte a quelle frammentate, a quelle articolate dovute all'adattamento degli insediamenti alla morfologia del territorio. In generale, si rilevano forme più compatte nel cremasco e nelle zone di pianura, forme che tendono a divenire più articolate o frammentate verso la bassa (cosiddetto casalasco). La struttura urbana è così caratterizzata da pochi centri di dimensioni maggiori, che fungono da attrattori di nuove attività e di nuovi insediamenti, e da numerosi centri minori che costellano il territorio qualificato da un maggiore carattere agricolo.

La loro distribuzione viene poi influenzata dall'area metropolitana milanese, con un'intensità dei fenomeni urbani che varia in funzione della distanza dalla metropoli milanese e, in misura minore, da quella dei poli urbani provinciali. Per esempio, le aree industriali esistenti sono per la maggior parte localizzate nei circondari del cremasco e del cremonese.

Anno 2011

Secondo i dati del Censimento ISTAT 2011, nell'area di studio risiedevano circa **7,3 mln** di persone, il 31,7% all'interno dell'area di intervento.

Nella tabella sottostante si riportano la popolazione residente e l'estensione territoriale di ciascuna zona dell'area di studio, quindi la densità di popolazione; per l'area di intervento i dati sono qui riportati in forma aggregata, nella successiva rappresentazione grafica relativa alla distribuzione della popolazione è invece apprezzabile anche l'informazione della singola zona dell'area di intervento.

Tabella 3-2 Popolazione residente e superficie territoriale delle zone di traffico - ISTAT 2011

	Zona	Popolazione	Superficie (kmq)	Densità (ab/kmq)
Area intervento	Tutte le zone	2.305.855	4.749	486
	BRESCIA 1	452.535	518	874
	BRESCIA 2	114.272	361	317
	BRESCIA 3	214.826	650	331
	CREMONA	158.543	550	288
	FIDENZA	95.547	568	168
	MANTOVA 1	47.869	433	111
	MANTOVA 2	47.998	228	211
	MANTOVA 3	60.057	238	252
Cordone	MILANO 1	297.379	368	808
	MILANO 2	863.796	402	2.149
	MILANO 3	309.078	249	1.241
	MODENA	584.022	1.425	410
	PARMA	243.645	589	414
	PAVIA	217.045	750	289
	PIACENZA	92.157	554	166
	REGGIO E.	447.836	1.193	375
	TREVIGLIO	57.934	98	591
	VERONA 1	552.119	925	597
	VERONA 2	120.889	601	201
		Tot Cordone	4.977.547	10.700
Area di studio	Tutte le zone	7.283.402	15.449	471

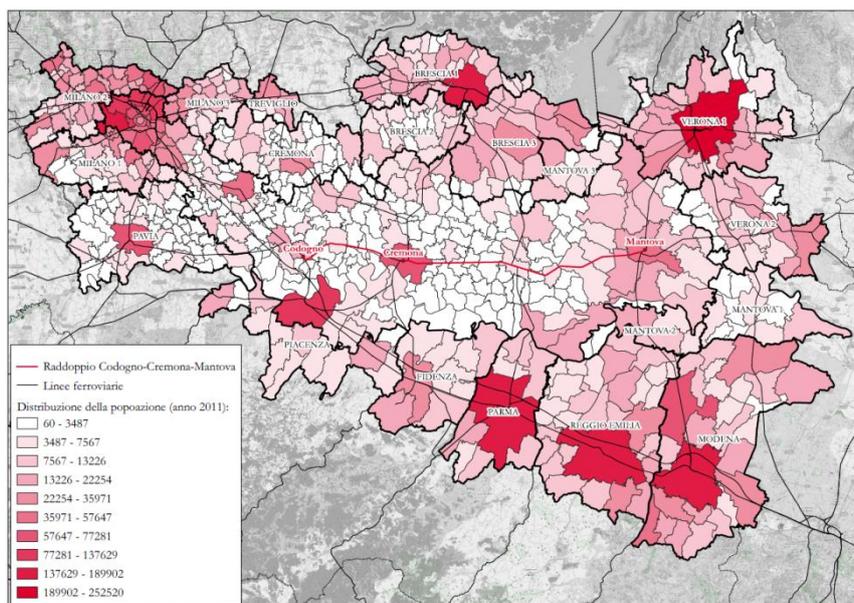


Figura 3-6: Distribuzione della popolazione – elaborazioni su dati ISTAT 2011

Nell'**area di intervento**, il comune di Milano con circa 1,2 mln di residenti è il più popoloso, con le zone Milano 5 (137.629) e Milano 13 (158.709) che hanno il maggior numero di abitanti; la popolazione residente si concentra poi nelle città di Lodi (43.332), Cremona (69.589), Mantova (46.649) e Piacenza (100.311), con il **24% della popolazione dell'area distribuita su solo il 6,44% del territorio** (l'11% sul 6,19% di territorio se si considera il comune di Milano).

Nel **cordone**, le zone di traffico più popolose sono MILANO 2, MODENA e VERONA 1, con il 40% dei residenti su solo il 26% dell'estensione territoriale.

Nei comuni dell'area di intervento e nelle zone di traffico del cordone citati si registrano i maggiori valori di **densità abitativa**. Nell'**area d'intervento** il valore medio della **densità abitativa** è di **486 abitanti/kmq**, ma raggiunge valori di 1.047 ab/kmq nel comune di Lodi, 987 ab/kmq nella città di Cremona, 731 ab/kmq per il comune di Mantova, 848 ab/kmq per la città di Piacenza. Il comune di Milano ha una densità abitativa media di 6.837 ab/kmq, nello specifico delle 16 zone la maggiore densità abitativa si riscontra in Milano 12 con 20.506 ab/kmq.

Nel **cordone**, la zona di MILANO 2 presenta la maggiore densità abitativa, i cui comuni raggiungono valori variabili da un minimo di 290 ab/kmq del comune di Cislano ad un massimo di 7.602 ab/kmq nella città di Bresso. Nella zona MODENA i valori massimi della densità abitativa si presentano nell'omonima città, la quale presenta un valore pari a 978 ab/kmq, e nel comune di Sassuolo, con 1.039 ab/kmq. Infine, nella zona VERONA 1 si ha una densità pari a 1.269 ab/kmq per il capoluogo di provincia, 1.270 ab/kmq per la città di San Giovanni Lupatoto e 1.207 ab/kmq nel comune di Castel d'Azzano.

Anno 2018

Al 31 dicembre 2018, la popolazione residente nell'area di studio risultava pari a **7,6 mln** di individui, con un incremento del 5% rispetto al 2011; il **32,3%** della popolazione risiedeva **all'interno dell'area di intervento**.

A distanza di 7 anni dal censimento ISTAT 2011, in base al bilancio demografico del 31 dicembre 2018, la situazione non risulta mutata in modo sostanziale anche se si registra una generalizzata crescita della popolazione e, conseguentemente, della densità abitativa.

Tabella 3-3: Popolazione residente e superficie territoriale delle zone di traffico - ISTAT 2018

	Zona	Popolazione	Superficie (kmq)	Densità (ab/kmq)
Area d'intervento	Tutte le zone	2.464.613	4.749	519
Cordone	BRESCIA 1	469.930	518	907
	BRESCIA 2	115.894	361	321
	BRESCIA 3	224.182	650	345
	CREMONA	160.868	550	292
	FIDENZA	97.859	568	172
	MANTOVA 1	45.858	433	106
	MANTOVA 2	47.926	228	210
	MANTOVA 3	62.632	238	263
	MILANO 1	311.903	368	848
	MILANO 2	895.717	402	2.228
	MILANO 3	324.564	249	1.303
	MODENA	602.705	1.425	423
	PARMA	266.581	589	453
	PAVIA	227.205	750	303
	PIACENZA	93.796	554	169
	REGGIO EMILIA	462.877	1.193	388
	TREVIGLIO	60.432	98	617
	VERONA 1	570.583	925	617
	VERONA 2	122.047	601	203
	Tot Cordone	5.163.559	10.700	483
Area di studio	Tutte le zone	7.628.172	15.449	494

I circa **7,6 mln** di abitanti, risiedono principalmente nelle città di **Milano**, che con 1.378.689 rimane il più popolato dell'area di studio, **Lodi**, che è passata a 45.872 abitanti con un incremento di 2.540 unità, **Cremona**, che aumenta di 3.091 abitanti in più arrivando a 72.680 residenti, **Mantova** (49.403), che ha 2.754 residenti in più rispetto al 2011, e **Piacenza** (103.942), con 3.631 residenti in più nel 2018. Insieme rappresentano un quarto della popolazione residente nell'area d'intervento distribuita su solo 6% del territorio.

Nel cordone, i **comuni più popolosi** fanno parte delle zone di **MILANO 2**, **MODENA** e **VERONA 1**, rappresentando, anche nel 2018, il 40% dei residenti su solo il 26% dell'estensione territoriale.

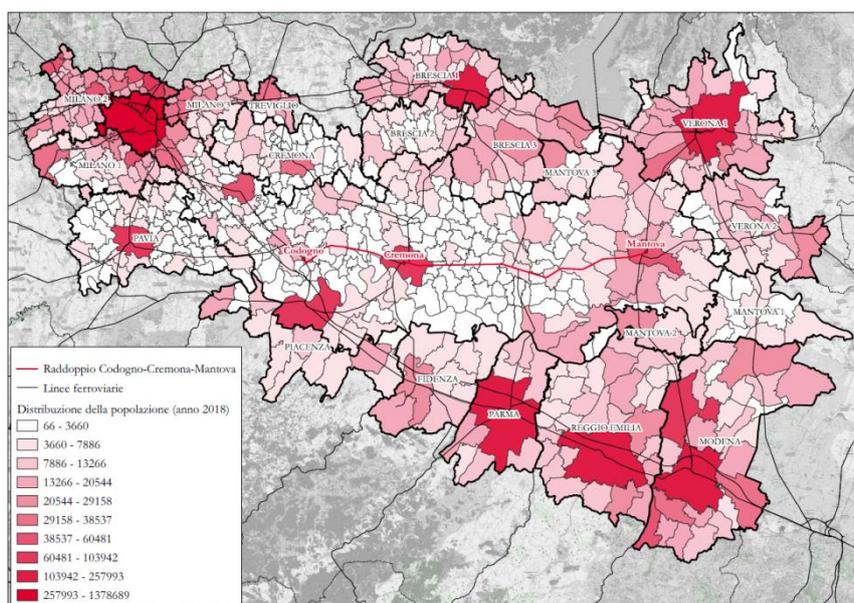


Figura 3-7: Distribuzione della popolazione - elaborazioni su dati ISTAT 2018

Analogamente a quanto emerso per l'anno 2011, in tali comuni e zone si registrano i maggiori valori di densità abitativa. Nell'area d'intervento tali valori si attestano a 1.109 ab/kmq per il comune di Lodi e 774 ab/kmq per il comune di Mantova, che hanno avuto un incremento del 6% rispetto a quelli rilevati nell'anno 2011. Mentre per

la città di Cremona e di Piacenza, che si attestano rispettivamente a 1.031 e 879 ab/kmq, hanno visto una crescita del 4%.

Anche nel cordone vi è stato un incremento della densità abitativa, nello specifico per la zona di MILANO 2 essa varia da un minimo di 331 ab/kmq del comune di Cisliano ad un massimo di 7.776 ab/kmq nella città di Bresso. Nella zona MODENA i valori massimi di densità abitativa si presentano nell'omonima città, dove si raggiungono i 1.017 ab/kmq con un incremento del 4%, e nel comune di Sassuolo, che aumenta del 3%, arrivando ad una densità abitativa pari a 1.065 ab/kmq. Infine, nella zona VERONA 1 si ha una densità pari a 1.338 ab/kmq per il comune di San Giovanni Lupatoto, 1.297 ab/kmq per il capoluogo di provincia e 1.225 ab/kmq nel comune di Castel d'Azzano, registrando un aumento della densità abitativa rispettivamente del 5%, 2% e 1%. Nel 2018, il comune di Milano, con una densità abitativa del comune di Milano è passata a 7.589 ab/kmq.

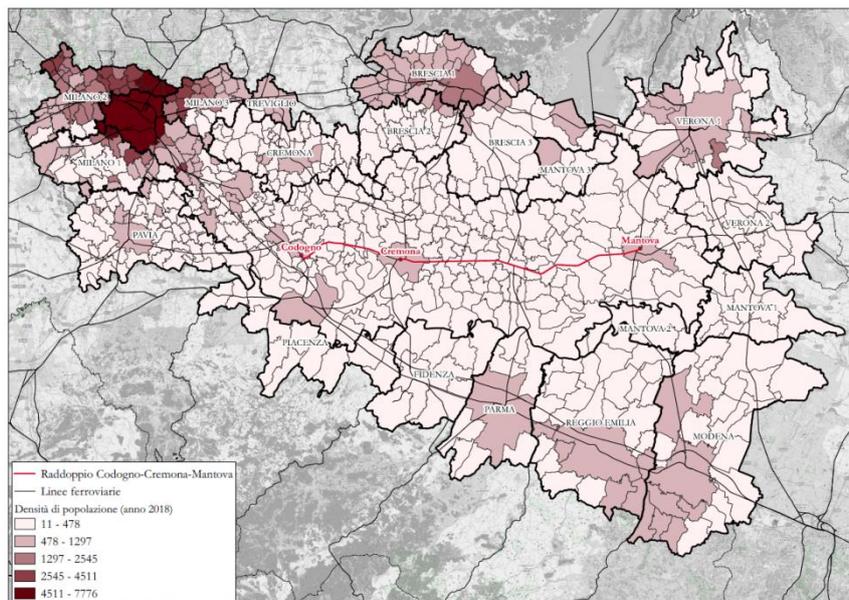


Figura 3-8: Densità di popolazione - elaborazioni su dati ISTAT 2018

In relazione alla situazione appena descritta, la maggiore crescita demografica dell'area è stata registrata soprattutto nelle zone del cordone e nell'hinterland di Milano dove si è raggiunto, nel 2018, un incremento del 10% (a fronte del 5% dell'area di studio). Per i piccoli comuni si è viceversa registrato uno spopolamento; tali dinamiche sono meglio rappresentate nella seguente figura.

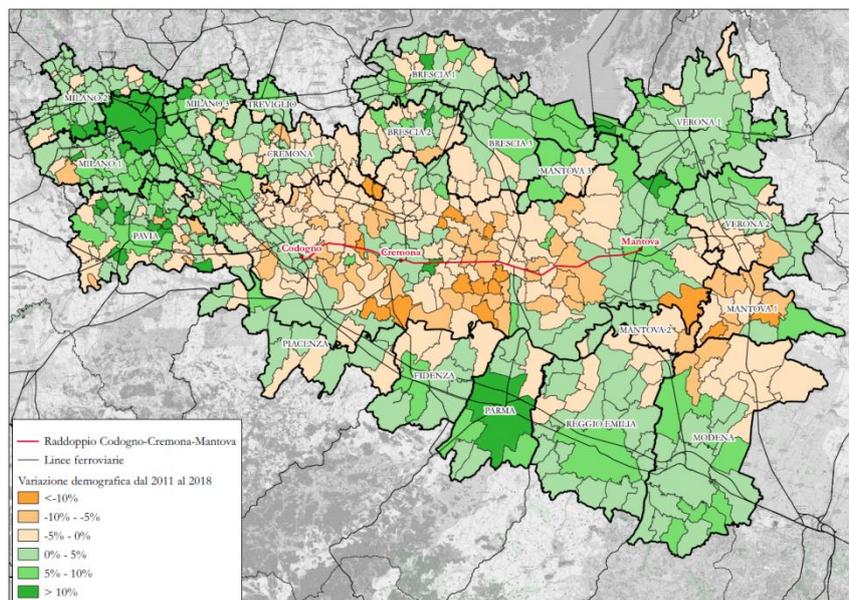


Figura 3-9: Tasso di variazione della popolazione residente (2018-2011) - elaborazioni su dati ISTAT

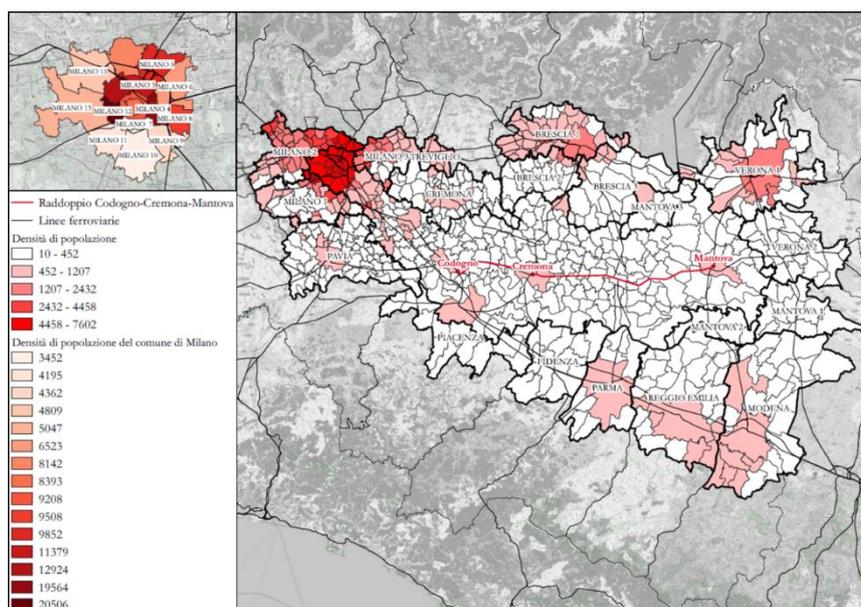


Figura 3-10: Densità di popolazione - elaborazioni su dati ISTAT 2011

3.2.2 VARIABILI OCCUPAZIONALI³

La popolazione dell'area è suddivisa in occupati (3.468.390), che corrispondono all'88%, studenti (399.755), pari al 10%, e il restante 2% non appartiene né alla categoria degli studenti né a quella degli occupati.

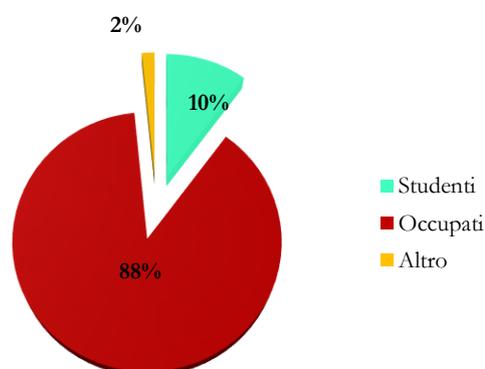


Figura 3-11: Popolazione residente per categoria

Gli addetti, rilevati da ISTAT come forza lavoro che include tutte le forme di lavoro autonomo e alle dipendenze, risultano essere 2.674.840 unità.

Tabella 3-4: Dati sugli studenti, occupati e addetti presenti nell'area di studio

Rilevazione ISTAT 2011	
Studenti	399.755 ⁴
Occupati	3.468.390
Addetti	2.674.840

³ Come anticipato le informazioni più aggiornate a livello comunale sono quelle legate ai dati demografici. Quanto riportato in questi paragrafi costituisce quindi una fotografia al 2011.

⁴ Popolazione residente totale con età maggiore di 14 anni.

La distribuzione sul territorio delle tre categorie rispecchia quella della popolazione residente. Per quanto riguarda gli studenti, la maggiore concentrazione è presente nelle grandi città e nei comuni limitrofi, oltre che nei comuni di Codogno e di Casalpusterlengo. Mentre per gli occupati e gli addetti si rileva che la massima concentrazione è localizzata nei comuni di Mantova, Cremona e Piacenza oltre che nella zona di MODENA, a sud dell'area di studio, e in quella di MILANO 2, a nord.

Di seguito si riportano le rappresentazioni grafiche delle distribuzioni della popolazione residente suddivisa in studenti e occupati; si riporta inoltre la distribuzione degli addetti.

L'**evoluzione occupazionale** al 2019, rispetto alla situazione del 2011, vede un aumento del numero degli occupati dell'1% nella provincia di Verona e del 3% in quella di Milano. Mentre c'è stata una decrescita per tutte le altre province toccate dall'area di studio, arrivando al calo massimo pari al -7% della provincia di Lodi.

Anche l'**evoluzione degli addetti** al 2017 evidenzia un calo per la maggior parte delle province interessate che oscilla tra il -3%, delle province di Verona e Reggio nell'Emilia, e il -30% della provincia di Lodi. L'unica provincia che registra una crescita rispetto ai dati del 2011 è quella di Milano che vede un incremento pari al 27%.

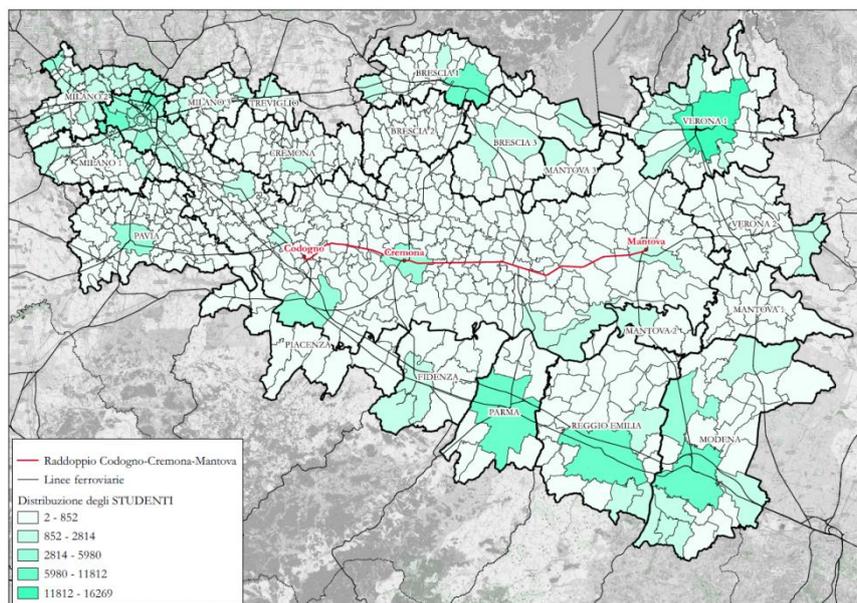


Figura 3-12: Distribuzione degli STUDENTI – fonte ISTAT 2011

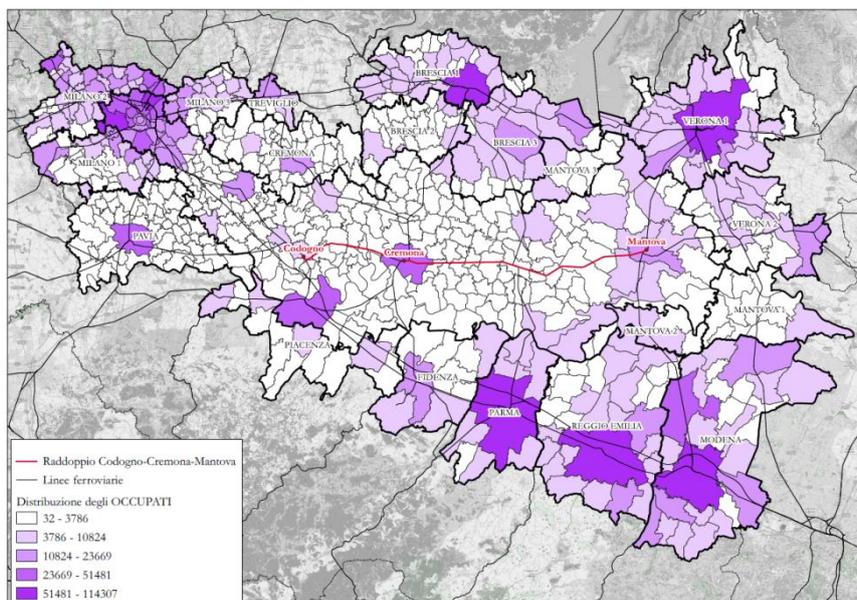


Figura 3-13: Distribuzione degli OCCUPATI – fonte ISTAT 2011

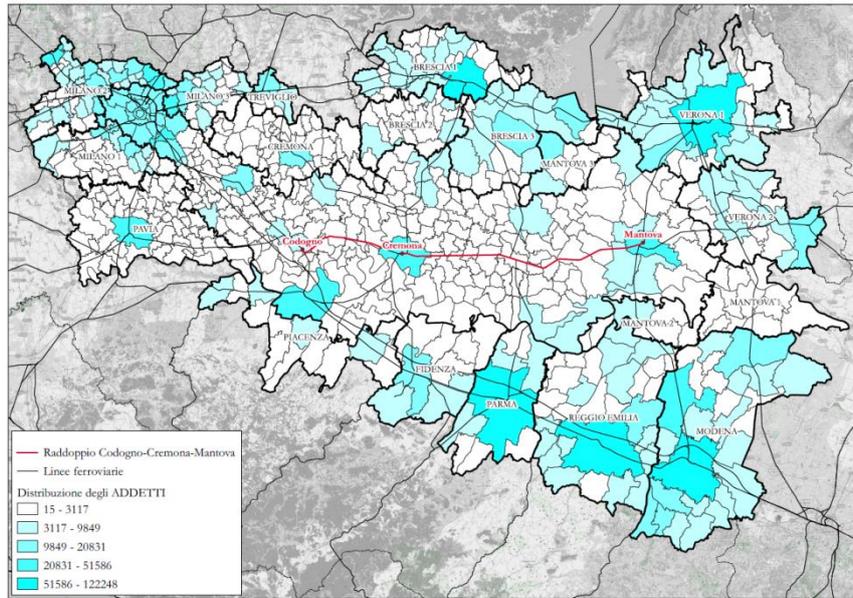


Figura 3-14: Distribuzione degli ADDETTI – fonte ISTAT 2011

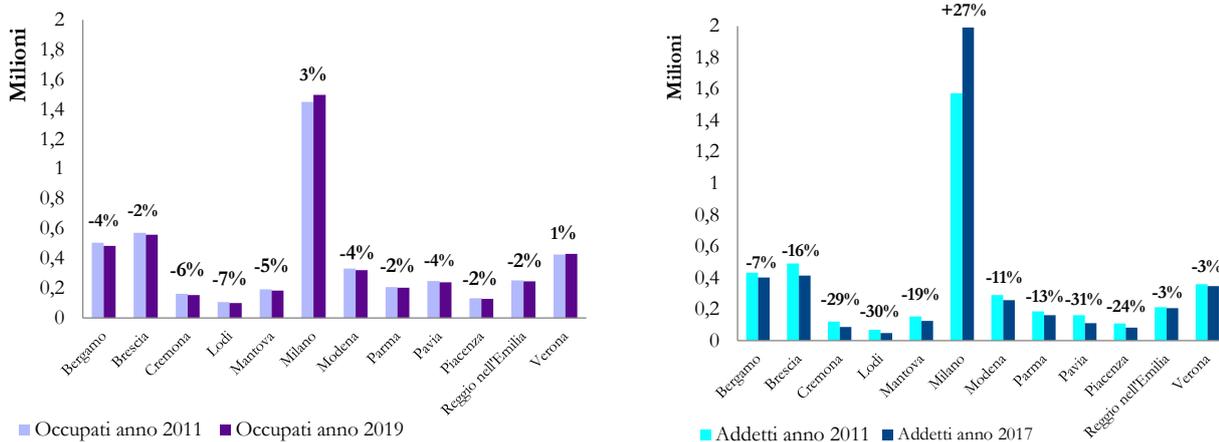


Figura 3-15: Tasso di variazione degli OCCUPATI e degli ADDETTI – fonte ISTAT

3.3. STATO DELL'ATTUALE DOMANDA DI MOBILITÀ PASSEGGERI

L'analisi dello stato attuale della domanda di mobilità è tesa a individuarne le caratteristiche rilevanti per poi comprenderne le possibili evoluzioni, anche tenendo conto delle scelte infrastrutturali oggetto della presente trattazione.

L'ambito geografico di riferimento è quello dell'area di studio, la cui definizione è descritta all'inizio di questo capitolo. I dati utilizzati fanno riferimento a un giorno ferialo; le fonti utilizzate sono:

- la matrice origine/destinazione elaborata dalla Regione Lombardia per i comuni dell'area di studio che ricadono all'interno della regione; tale matrice è relativa all'anno 2020 ed è stata stimata a partire dai dati raccolti nell'anno 2014, comprende 4 modalità (auto conducente, auto passeggero, TPL gomma⁵ e TPL ferro⁶) e 4

⁵ Bus urbani, bus extraurbani, pullman e filobus.

⁶ Treno, metro e tram extraurbano.

motivazioni (lavoro, studio, occasionali⁷, affari⁸); si è scelto di escludere da questa trattazione il motivo "rientri a casa" (da scuola/ufficio, dai luoghi di svago, visita, acquisti, ecc);

- la matrice origine/destinazione elaborata da ISTAT per i comuni dell'area di studio che non fanno parte della regione Lombardia; tale matrice è stata elaborata a partire dai dati raccolti con il 15° censimento della popolazione realizzato nel 2011, comprende 4 modalità (auto conducente, auto passeggero, TPL gomma⁶ e TPL ferro⁷) e 2 motivazioni (lavoro e studio).

Poiché i comuni dell'area di studio che ricadono all'interno della regione Lombardia sono il 78% del totale (500/645), si ritiene utile il ricorso a informazioni più recenti e con un maggior livello di dettaglio (quelle appunto fornite dalla matrice O/D elaborata dalla Regione Lombardia) e trascurabile il margine di errore derivante dal ricorso a due fonti che fanno riferimento a periodi tra loro molto differenti, con una diversa ripartizione delle motivazioni dello spostamento e che utilizzano differenti criteri di elaborazione delle informazioni.

3.3.1 GLI SPOSTAMENTI TOTALI DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio è interessata da circa 1,36 mln di spostamenti/giorno (sono considerati esclusivamente gli spostamenti intercomunali e interni all'area di studio), di questi circa il 20% (0,27 mln) sono interni all'area di intervento (1,12 mln se si includono gli spostamenti intracomunali).

La sola provincia di Milano, in ragione della sua dimensione demografica e dell'entità delle attività e dei servizi presenti sul suo territorio, registra il 55% degli spostamenti emessi verso i comuni dell'area di studio (provincia di Milano inclusa) e il 58% degli spostamenti attratti, seguono le province di Brescia e Mantova, cui corrispondono rispettivamente il 16% e il 10% degli spostamenti emessi e attratti.

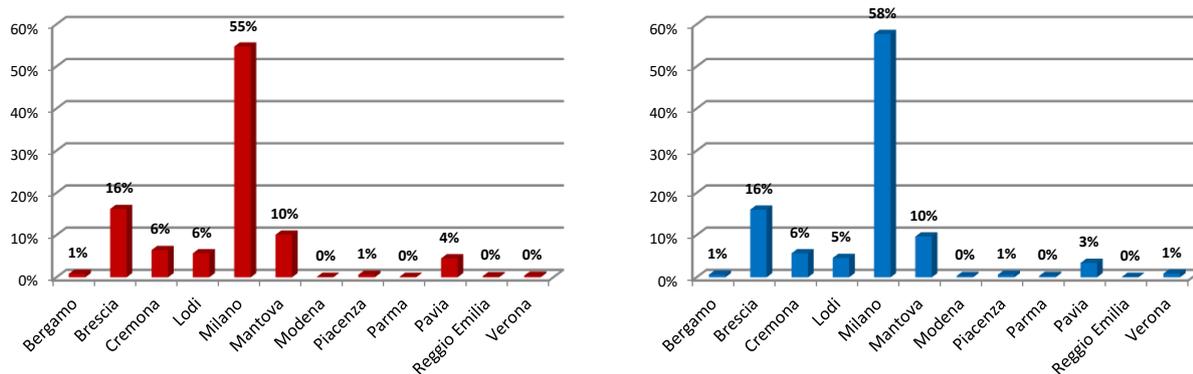


Figura 3-16 Distribuzione degli spostamenti emessi (in rosso) e attratti (in blu)- rappresentazione per provincia: Spostamenti intercomunali del giorno feriale medio, esclusi i rientri a casa

Il comune di Milano registra 118.780 spostamenti/giorno diretti ai comuni dell'area di studio; oltre alla città capoluogo della Regione Lombardia, il ruolo prevalente di generatore di domanda per l'area di studio compete ai comuni dell'hinterland Milanese (Sesto S. Giovanni, Segrate, S. Donato Milanese e Cinisello Balsamo con oltre 20.000 spostamenti/giorno) e alle aree a ridosso degli altri capoluoghi e dei centri attrattori di mobilità.

⁷ Il motivo "occasionalmente" comprende gli spostamenti effettuati per andare a fare acquisti e/o commissioni personali, accompagnare o prendere qualcuno, per fare visite, per svago o turismo, visite mediche.

⁸ Il motivo "affari" comprende gli spostamenti relativi a riunioni di affari o alla visita di clienti, la scelta di considerare separatamente tale motivo è basata sulla specificità del motivo affari, né puramente sistematico né esclusivamente occasionale.

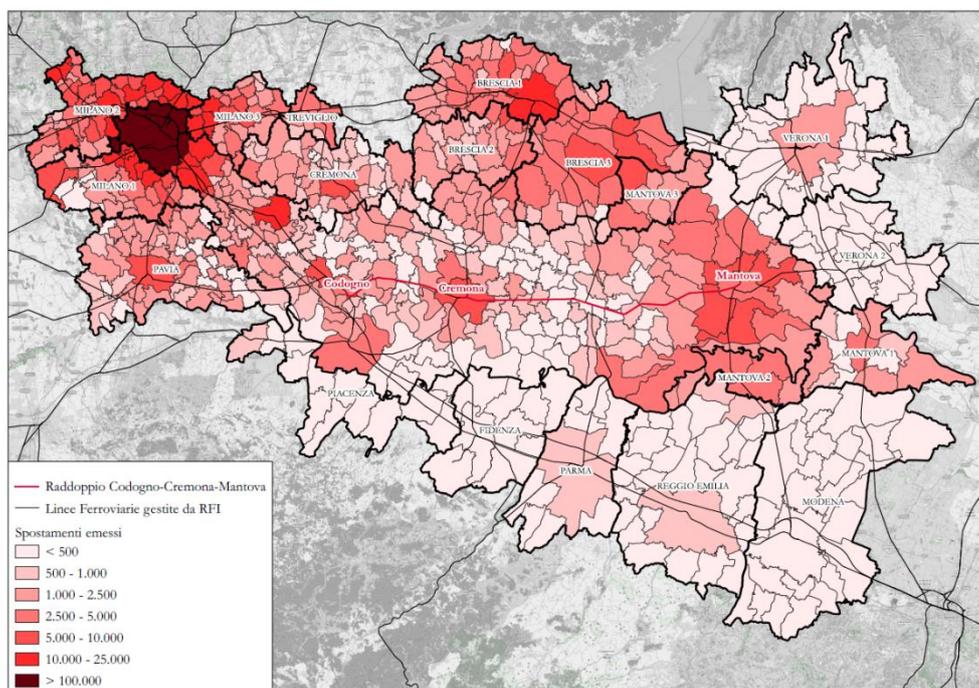


Figura 3-17: Distribuzione degli spostamenti emessi: Spostamenti intercomunali del giorno feriale medio, esclusi i rientri a casa

Per quanto riguarda le principali località sulla linea oggetto di intervento, si registrano 7.147 spostamenti/giorno emessi dalla città di Cremona, 4.730 spostamenti/giorno da Codogno e 3.576 spostamenti/giorno da Mantova. La maggior parte degli spostamenti generati dai comuni dell'area di intervento appartenenti alle provincie di Lodi, Cremona e Mantova, a cui appartiene la linea Codogno-Cremona-Mantova, sono interni alle provincie stesse; per la provincia di Lodi la principale attrazione esterna alla provincia stessa è costituita dalla provincia di Milano, per la provincia di Cremona dalla provincia di Mantova e per la provincia di Mantova dalla provincia di Cremona, generando di conseguenza spostamenti che verosimilmente interessano la linea Codogno-Cremona-Mantova.

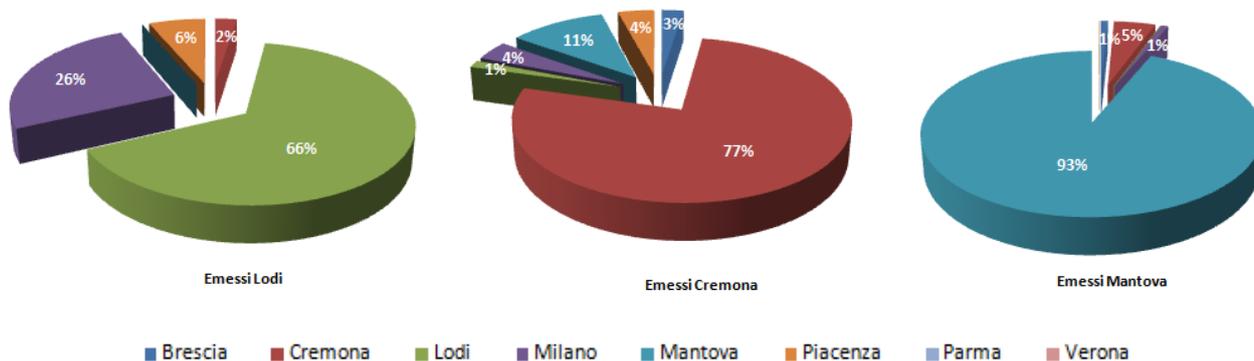


Figura 3-18: Ripartizione degli spostamenti emessi dalle provincie della linea oggetto di intervento: Spostamenti intercomunali del giorno feriale medio, esclusi i rientri a casa

Anche relativamente agli spostamenti attratti, a livello comunale, è la città di Milano a registrarne il numero più alto con 338.801 spostamenti al giorno, seguita dai comuni capoluogo delle provincie di Brescia (67.207 spostamenti/giorno) e Mantova (30.544 spostamenti/giorno). A Cremona e Codogno competono rispettivamente 24.897 e 5.587 spostamenti attratti/giorno.

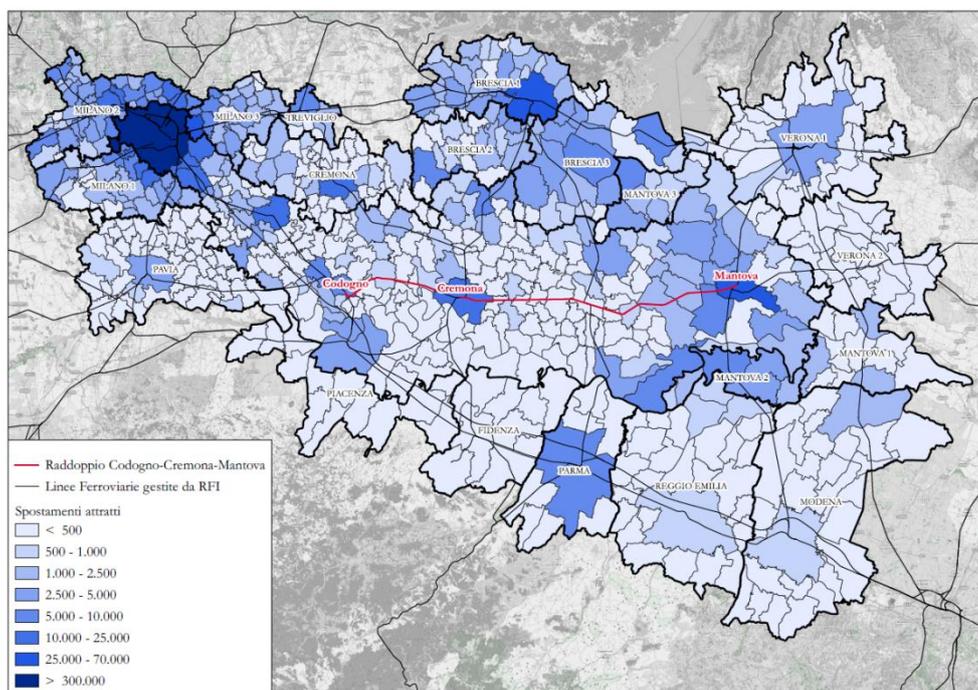


Figura 3-19: Distribuzione degli spostamenti attratti: Spostamenti intercomunali del giorno ferialo medio, esclusi i rientri a casa

3.3.2 GLI SPOSTAMENTI DELL'AREA DI STUDIO PER MOTIVO E MODALITÀ

La principale motivazione a generare lo spostamento è il lavoro, che, insieme al motivo affari, genera il 55% degli spostamenti totali (si ricordi che per gli spostamenti generati dai comuni non appartenenti alla regione Lombardia sono censiti unicamente gli spostamenti per i motivi lavoro e studio). Gli spostamenti sistematici (studio e lavoro) costituiscono il 66% del totale degli spostamenti.

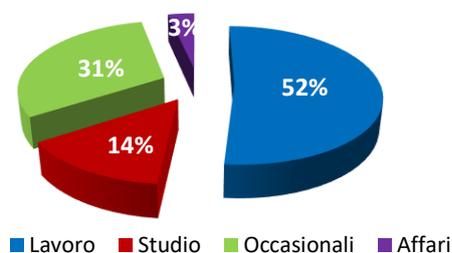


Figura 3-20: Ripartizione degli spostamenti per motivo dello spostamento

Il 73% degli spostamenti dell'area di studio avviene con la modalità auto, il 64% con l'auto propria. Rispetto ai dati nazionali, l'area presenta un uso percentuale dei mezzi pubblici sensibilmente superiore (il dato nazionale⁹, relativo al 2018, è pari a circa l'11%).

⁹ Fonte Isfort, Osservatorio "Audimob" sulla mobilità degli italiani.

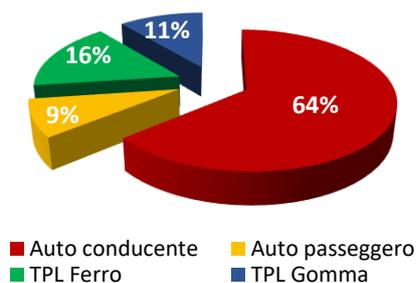


Figura 3-21: Ripartizione degli spostamenti per modalità dello spostamento

Lo spostamento per motivo lavoro si svolge principalmente con la modalità auto (82%) e solo il 14% con la modalità ferro; la quota di utilizzo dell'auto sale al 97% se si considera il motivo affari (3% ferro); anche gli spostamenti occasionali avvengono principalmente con l'auto (68%), mentre gli spostamenti per motivo studio sono ripartiti quasi equamente tra le modalità TPL gomma (34%), auto da passeggero (30%) e TPL ferro (25%).

3.4. STATO ATTUALE DEI TRAFFICI MERCI

La linea ferroviaria Codogno - Cremona - Mantova costituisce una direttrice di potenziale interesse nazionale per il traffico delle merci: essa, infatti, oltre ad interessare aree produttive di rilievo, può costituire un itinerario complementare all'asse trasversale Milano - Padova - Venezia, appartenente al Corridoio Merci Mediterraneo.

3.4.1 LA STRUTTURA PRODUTTIVA DELL'AREA

La Lombardia, regione in cui ricade per intero l'infrastruttura oggetto di intervento, si configura come la prima regione italiana per contributo al prodotto interno lordo nazionale, con un PIL pari a circa il 22% del totale nazionale.

Il peso rilevante della regione sull'economia nazionale si riflette anche sulla numerosità e densità delle unità produttive: considerando tutti i settori economici, secondo i dati ISTAT in Lombardia nel 2017 si contavano 814.691 imprese attive e oltre 4 milioni di addetti, rispettivamente pari al 18,5% ed al 23,6% del totale nazionale. Nello stesso anno, la densità di imprese operative, secondo le elaborazioni della Camera di Commercio della Lombardia, risultava di circa 37,1 unità per kmq di superficie a fronte di valori nazionali di 15,8 unità per kmq, con le seguenti ripartizioni per provincia:

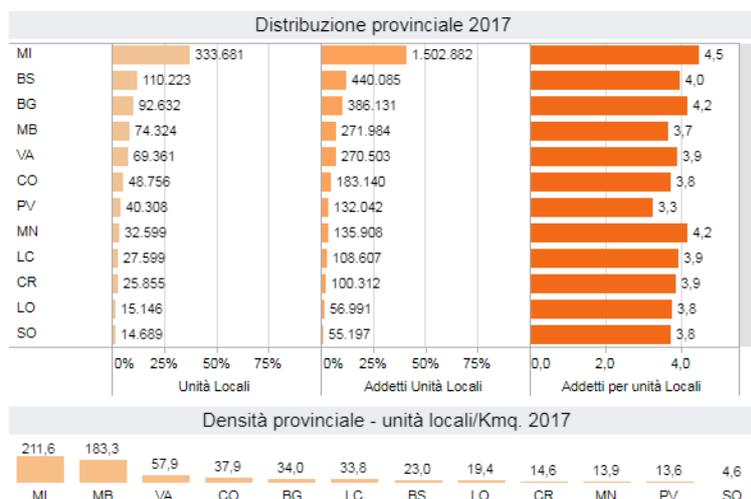


Figura 3-22 Imprese operative Regione Lombardia - 2017

L'industria lombarda si caratterizza, inoltre, per la sua vocazione manifatturiera: seppure con un trend negativo, le unità locali del settore all'anno 2017 sono risultate pari a circa 76.300 e rappresentano il 20% circa delle unità locali

nazionali; gli addetti, pari a circa 960 mila, rappresentano il 5,6% della forza lavoro industriale italiana ed il 24% della forza lavoro regionale (escluso il settore agricolo).

Il territorio dell'area di intervento, in particolare per le provincie di Cremona e Mantova¹⁰, è caratterizzato da una forte vocazione agricola e manifatturiera; le attività produttive sono concentrate su alcuni settori chiave:

- attività manifatturiere tradizionali, di notevole peso economico e produttivo, legate in particolare alla lavorazione del legno e all'industria tessile, che interessano il distretto del Casalasco-Viadanese comprendente comuni delle provincie di Cremona e Mantova;
- industria alimentare, che nell'area conta il 90% del territorio provinciale coltivato e ospita aziende agricole di grandi dimensioni e ampiamente meccanizzate;
- comparto estrattivo, per il quale sono da tenere presenti molteplici località di produzione, date le peculiari caratteristiche geologiche del territorio; i bacini di produzione sono dislocati sul territorio in modo quasi uniforme per la sabbia e la ghiaia mentre sono più circoscritti per l'argilla i cui bacini di utenza coincidono sostanzialmente con quelli di produzione;
- settore metalmeccanico, comprendente la lavorazione dei metalli e la produzione di mezzi di trasporto, di macchine elettriche e di macchine e materiale meccanico.

La casistica rappresentata evidenzia come il territorio sia sede di numerosi poli attrattori, anche di piccole dimensioni.

3.4.2 I POLI GENERATORI DI TRAFFICO FERROVIARIO

Lungo la linea ferroviaria oggetto di intervento sono presenti diversi poli attrattori e/o generatori di traffico ferroviario, dedicati soprattutto al traffico siderurgico e dell'industria agro-alimentare. Spostandosi da ovest verso est, si incontrano gli impianti merci e le stazioni di:

- **Acquanegra Cremonese**, che raccorda un centro di stoccaggio e lavorazione mangimi per animali;
- **Cava Tigozzi**, principale polo attrattore dell'infrastruttura ferroviaria in esame, raccorda alla linea ferroviaria Codogno - Cremona - Mantova un'ampia area industriale e il porto fluviale di Cremona; i traffici che maggiormente interessano la modalità ferroviaria sono quelli siderurgici e cerealicoli;
- **Cremona**, che comprende zone per il carico/scarico diretto a piazzale e fasci di presa/consegna e manovra delle utenze raccordate; l'impianto è capolinea di alcuni servizi di trasporto cereali per il mulino locale, ma anche di treni successivamente inoltrati verso le stazioni di Acquanegra C., Casaletto V. e Casalmaggiore; la collocazione urbana dello scalo ha ormai da tempo prefigurato la dismissione delle funzioni merci, da trasferire sull'impianto di Cava Tigozzi;
- **Piadena**, all'incrocio tra le linee Cremona-Mantova e Parma-Brescia, raccorda un terminal ferroviario dell'industria automotive e un importante polo siderurgico;
- **Bozzolo**, dove ha sede la CIMA riparazioni che si occupa della riparazione di materiale rotabile, in particolare carri merci e vetture passeggeri;
- **Marcaria**, dove è presente un raccordo per un centro di raccolta e lavorazione di rottami;
- **Mantova**, di recente dismissione, le cui funzioni sono state assorbite dall'impianto di Mantova Frassine ubicato sulla linea Mantova-Monselice.

Estendendo l'analisi all'area di studio, dunque alle linee ferroviarie che confluiscono sull'infrastruttura ferroviaria oggetto di intervento, sono presenti numerosi raccordi a poli siderurgici, impianti di lavorazione di prodotti chimici, aree di smistamento di automobili, industrie cerealicole e del settore agro-alimentare più in generale.

¹⁰ Fonti *Piano per le attività produttive della provincia di Mantova e Piano delle Merci e della Logistica della provincia di Cremona*.

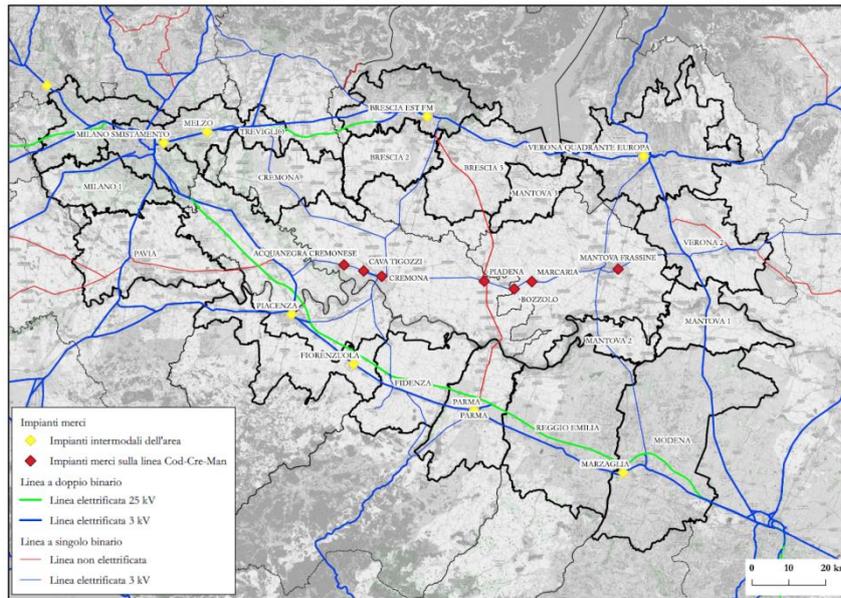


Figura 3-23: Scali merci della linea e impianti intermodali a servizio dell'area

Nel territorio regionale lombardo e nelle aree ad esso limitrofe, inoltre, operano gli impianti intermodali di Milano Smistamento, Melzo, Busto Arsizio, Verona Quadrante Europa, Fiorenzuola, Brescia, Piacenza, Parma, Marzaglia: tutta la zona sud-orientale lombarda è compresa entro le aree di influenza operativa dei suddetti terminal (in generale individuata come l'area compresa entro 60÷80 km dall'impianto intermodale), ciascuno dei quali è specializzato per tipologia di traffico e/o direttrice. Rientra poi nell'area di intervento la località di Isola della Scala, dove è prevista la realizzazione di un nuovo terminal intermodale.

3.4.3 L'ATTUALE TRAFFICO FERROVIARIO DELLE MERCI

Considerando la variabilità del traffico merci nell'arco della settimana¹¹, nonché la stagionalità che caratterizza alcuni traffici, si è scelto di esaminare, per la tratta più carica (Cremona-Piadena), i volumi di traffico di una settimana a circolazione ordinaria (15-21 luglio 2019, fonte PIC).

Tabella 3-5: Circolato treni merci 15-21 luglio 2019 - fonte PIC

	Treni merci¹² (treni/giorno)	Massa trainata (ton)
Lunedì	23	26.154
Martedì	25	25.794
Mercoledì	27	29.782
Giovedì	28	28.383
Venerdì	29	30.617
Sabato	13	16.994
Domenica	5	7.536
Totale	150	165.260

¹¹ Dall'esame dell'elaborato Grado di utilizzo dell'infrastruttura pubblicato nel PIR 2020 si evince come gli impegni maggiori, in termini di occupazione di tracce si rilevano sulla tratta Cremona-Piadena: considerando anche il servizio passeggeri, si raggiungono nella tratta 75 treni programmati al giorno, a fronte di una capacità commerciale di 80 treni/giorno, superando la soglia giornaliera di capacità limitata (70 treni/giorno) e arrivando a superare in alcune fasce orarie, la soglia oraria di saturazione (4 treni/ora), con un carico orario massimo di 6 treni/ora..

¹² Comprensivo di servizi lis e tradotte.

Relativamente agli impianti della linea, si riportano di seguito le principali relazioni attive nell'anno 2019. Si tratta per lo più di traffici interni al territorio nazionale e relativi al trasporto tradizionale, con particolare riferimento ai prodotti siderurgici, cerealicoli e dell'*automotive*.

Cava Tigozzi e Piadena sono gli impianti interessati dai maggiori volumi movimentati, sia in termini di numero treni che di tonnellate. Mentre il numero di treni che hanno origine negli impianti anzidetti e quelli che vi sono destinati è sostanzialmente bilanciato, il quantitativo di merce destinata a tali impianti è nettamente superiore a quello che vi si origina: i treni origine da tali impianti, così come quelli dall'impianto di Acquanegra, sono per lo più vuoti di ritorno dei treni scaricati.

Le tonnellate indicate nella rappresentazione precedente sono comprensive della tara dei carri.

Si fa notare che sono stati riportati, per completezza, anche i traffici afferenti all'impianto di Mantova Frassine, pur non appartenendo all'infrastruttura oggetto di intervento, ma subito a ridosso di essa, avendo questo di recente assorbito i traffici dell'impianto di Marcaria, ora destinato al solo traffico passeggeri. Nessuna movimentazione merci ha riguardato l'impianto di Marcaria nell'anno 2019.

La linea è interessata principalmente dal traffico afferente agli impianti che hanno sede sulla stessa, solo in minima parte da traffici ferroviari di transito: l'unico treno merci di transito che nell'anno 2019 ha interessato la linea è il Venezia Marghera - Rho. Altri traffici (che non hanno origine/destinazione in impianti della linea) hanno interessato la linea solo parzialmente e con un limitato numero di circolazioni (meno di una a settimana: i più rilevanti, dal punto di vista del numero delle circolazioni nell'anno sono Milano Sm. - Crema, Verona QE - Modane, Brennero - S. Zeno Folzano, Sannazzaro - Mantova Frassine).

Tabella 3-6: Prodotti e relazioni per gli impianti della linea

	Prodotto	Impianti afferenti
Acquanegra	Cereali	Venezia M.ra, Ravenna, Villa Opicina, Portogruaro
Cava Tigozzi	Siderurgia	Venezia M.ra, Pomezia
	Cereali	Brindisi, Villa Op, Gorizia, Brennero, Ravenna, Tarvisio, Venezia M.ra
	-	Trento R, Trieste, Udine, Verona, Chiasso, Luino, Gorizia
Cremona	Siderurgia	Cava Tigozzi, Crema, Milano Smistamento (tradotte)
	Carri ferroviari da riparare	Bozzolo (tradotte)
Piadena	Siderurgia	Ravenna, Chiasso
	Siderurgia	Tarvisio, Chiasso
	Automotive	S. Nicola di Melfi, Fossacesia, Tarvisio/Tychy
	Cereali	Villa Opicina/Novi Sad/Radinac
Bozzolo	Carri ferroviari da riparare	Cremona (tradotta)
Marcaria	Siderurgia	Verona PN (tradotta)
Mantova Fr.	Siderurgia	PM Li Darsena, Terni, Tarvisio
	Chimico	SG Valdarno - Brennero/Muenchen

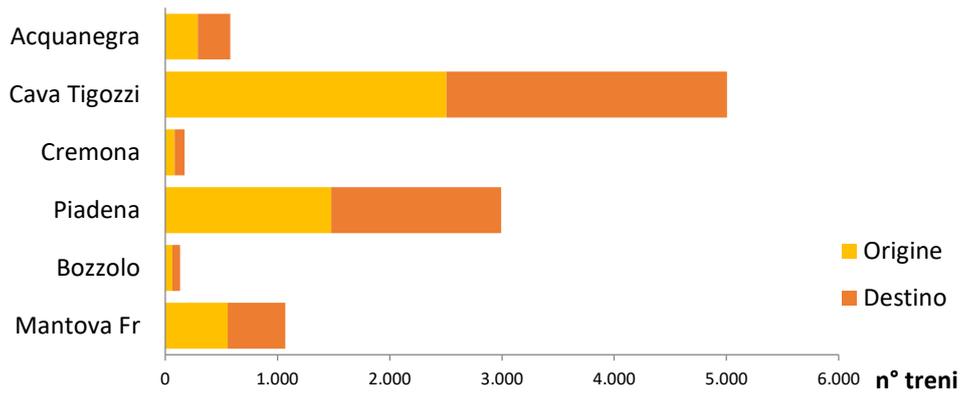


Figura 31: Numero di treni circolato per impianto - anno 2019

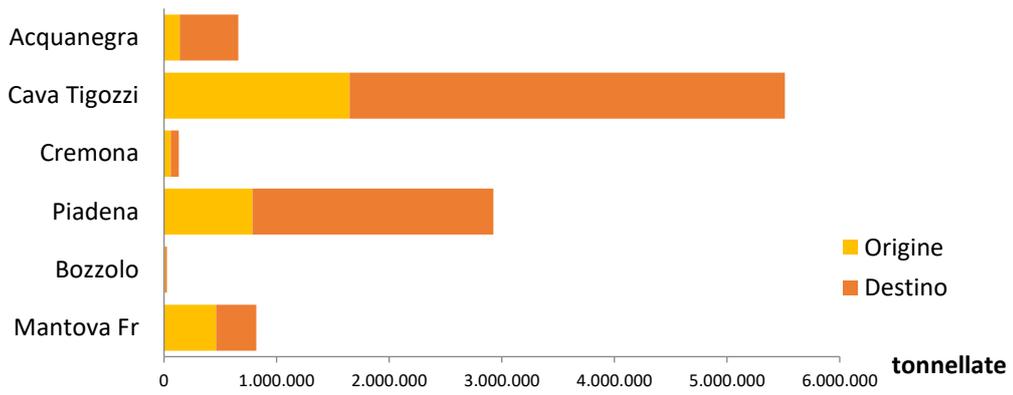


Figura 3-24: Tonnellate lorde di merci movimentate per impianto - anno 2019

4. ANALISI DEGLI SCENARI DI SVILUPPO

4.1. CENNO SUGLI INTERVENTI PREVISTI SULLA LINEA

Gli interventi sulla **della linea Codogno – Cremona – Mantova** prevedono la realizzazione di una linea a doppio binario elettrificata, con velocità massima di 160 km/h in rango C salvo situazioni puntuali, con una classificazione D4 senza limitazione della velocità, sagoma P/C 80, modulo di linea pari a 750 m, distanziamento dei treni a 5 minuti, soppressione di tutti i PL.

Il progetto è suddiviso in quattro lotti:

- Lotto 1 da Codogno a Cava Tigozzi (circa 22,2 km);
- Lotto 2 da Cremona a Piadena (circa 28 km);
- Lotto 3 da Piadena a Marcaria (circa 13,9 km);
- Lotto 4 da Marcaria a Mantova (circa 17,4 km).

La tratta compresa tra Cava Tigozzi e Cremona (5,2 km), come anticipato, non è oggetto di intervento in quanto già a doppio binario dal 2015.

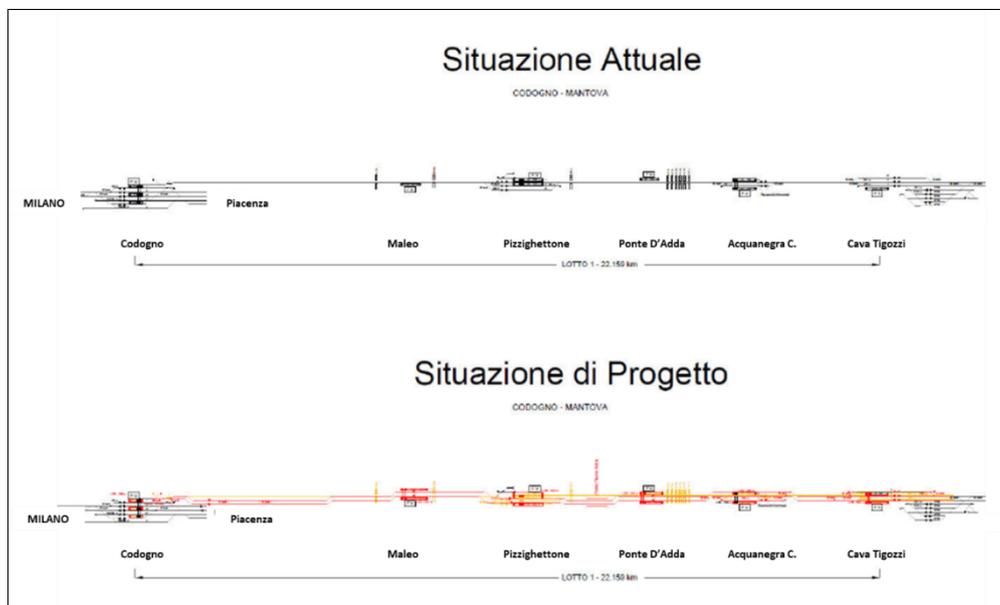


Figura 4-1: Layout funzionale di progetto del raddoppio della linea Codogno – Mantova – Lotto 1

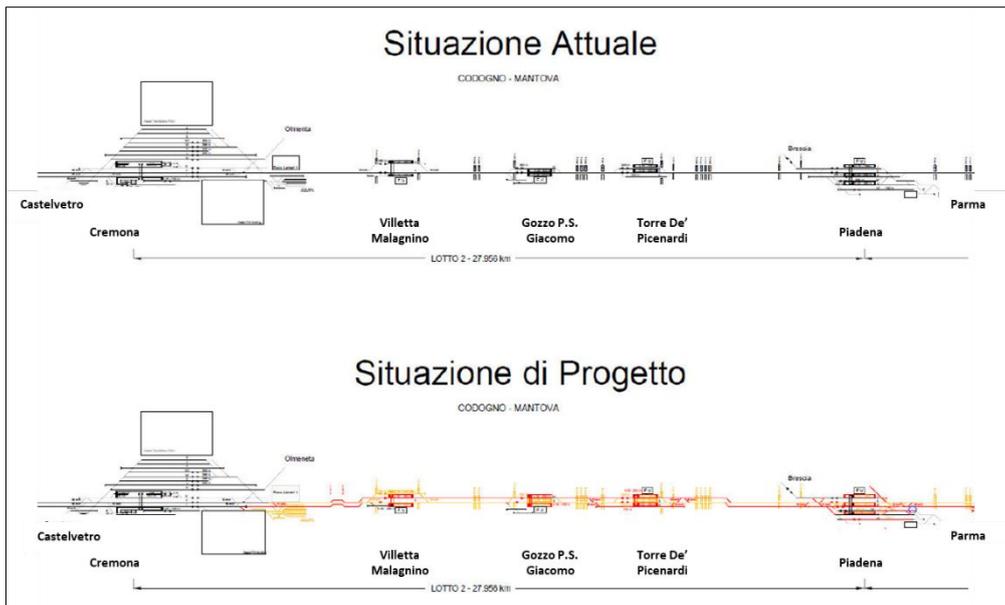


Figura 4-2: Layout funzionale di progetto del raddoppio della linea Codogno – Mantova – Lotto 2

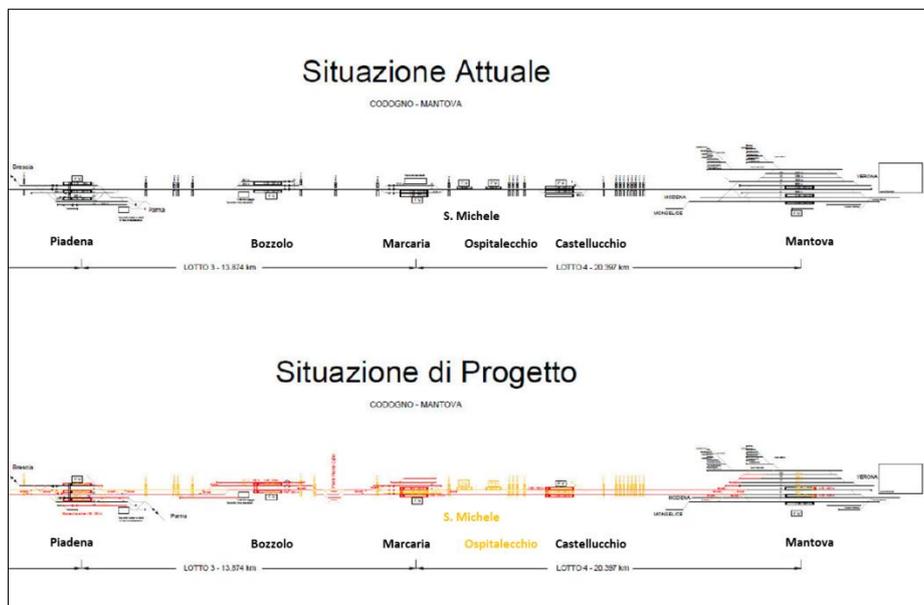


Figura 4-3: Layout funzionale di progetto del raddoppio della linea Codogno – Mantova – Lotti 3 e 4

Nel dettaglio è prevista la realizzazione di un **nuovo binario** in affiancamento all'esistente e l'**innalzamento del piano del ferro del binario esistente**, quest'ultimo reso necessario per adeguare le dimensioni degli attraversamenti idraulici esistenti, per consentire il transito delle portate di progetto con un adeguato franco di sicurezza e per garantire dimensioni minime compatibili con le attività di manutenzione e ispezione.

Lungo il tracciato vi sono diverse interferenze viarie, alcune rappresentate da passaggi a livello ed altre da cavalcaferrovia. Per i primi è stata prevista la **soppressione dei PL**, per i secondi, in prima analisi, è stata valutata la compatibilità con il raddoppio e nel caso quest'ultima non sia verificata si è prevista la **demolizione e ricostruzione dei cavalcaferrovia**.

Nella maggior parte delle località di servizio sono previsti interventi di **modifica del PRG** mentre per le stazioni di Pizzighettone, Villetta Malagnino, Gazzo-Pieve S. Giacomo e Castellucchio è stata valutata e attuata la **trasformazione in fermate**.

In ambito stazione, il progetto prevede interventi di:

- adeguamento dell'accessibilità e dei marciapiedi ferroviari in conformità;
- manutenzione straordinaria delle finiture dei sottopassi esistenti;
- ristrutturazione dei fabbricati esistenti per alloggiamento degli impianti tecnologici necessari al raddoppio della linea;
- sistemazione delle aree esterne e di quelle destinate alla fermata bus e al parcheggio auto e biciclette.

Per quanto riguarda gli impianti tecnologici di sicurezza e segnalamento, il progetto prevede la realizzazione di un **nuovo ACCM** fra Mantova e Codogno con banchi DMO al Posto Centrale di Milano Greco Pirelli, con stazioni porta a Mantova e Codogno.

In termini di capacità e tempi di percorrenza, tali interventi a regime consentiranno un **incremento della capacità** sulla linea Codogno - Cremona - Mantova, un **aumento della regolarità della circolazione**, grazie anche alla soppressione dei passaggi a livello, e una **potenziale riduzione dei tempi di percorrenza**, grazie anche all'eliminazione dei vincoli legati alla necessita di incrocio fra treni.

4.2. IL FUTURO ASSETTO DEI SERVIZI FERROVIARI REGIONALI

Nello scenario di attivazione del raddoppio della linea Codogno - Cremona - Mantova, è stato ipotizzato un modello di offerta del trasporto pubblico locale che, nel merito di quanto riferito ai servizi ferroviari regionali, è allineato alle previsioni degli Accordi Quadro siglati tra RFI e le regioni Lombardia, Emilia Romagna e Veneto per lo scenario "di regime", ovvero per orizzonti di medio-lungo periodo.

Per i servizi ferroviari che si sviluppano lungo la linea in analisi è stato in particolare implementato un modello di esercizio basato sul cadenzamento orario di tutti i servizi presenti. Il tutto è descritto nello schema riportato in *Figura 4-4*.

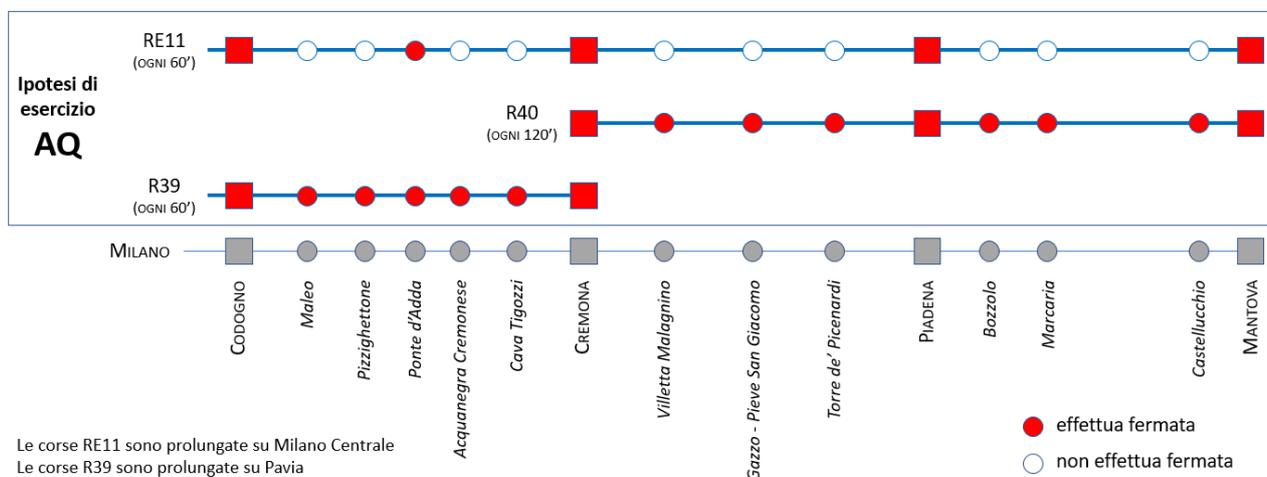


Figura 4-4: Schemi dei servizi ipotizzati sulla infrastruttura oggetto di studio a raddoppio ultimato

In entrambe le ipotesi di esercizio non sono presenti servizi bus sostitutivi o integrativi, ma le corse sono interamente pianificate su ferrovia. Il valore dei treni·km da sostenere per questo modello di esercizio è riportato in *Tabella 4-1*. Nell'ambito del servizio RE11 viene aggiunta una corsa di coppie limitata a Cremona per la copertura della prima mattina/tarda serata.

Tabella 4-1 - Calcolo dei treni-km annui per l'ipotesi di esercizio adottata

Ipotesi di esercizio 2					
Servizio regionale	Relazione	Percorso (km)	Coppie di corse	Treni-km giornalieri	Treni-km annui
RE11	Milano - Mantova	148,9	17	5.062,6	1.847.849,0
RE11	Milano - Cremona	86,7	1	173,4	63.291,0
R39	Pavia - Cremona	27,3	16	873,6	318.864,0
R40	Cremona - Mantova	62,2	8	995,2	363.248,0
TOTALE				7.104,8	2.593.252,0

In Tabella 4-2 sono riportati i tempi di percorrenza delle relazioni più di rilievo nei servizi oggetto di studio. È possibile osservare la riduzione dei tempi di percorrenza con l'infrastruttura interamente raddoppiata rispetto allo scenario infrastrutturale attuale.

Inoltre, è rilevante tener conto dei possibili interscambi ferro-ferro effettuabili dai passeggeri nelle stazioni di nodo della linea Codogno-Cremona-Mantova: lo sviluppo dei servizi ferroviari lungo le diverse infrastrutture ferroviarie appartenenti all'area di studio è rappresentato nello schema in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

In merito ai servizi di trasporto collettivo su gomma di tipo extraurbano, è stato mantenuto l'attuale schema in termini di relazioni, frequenze e tempi¹³.

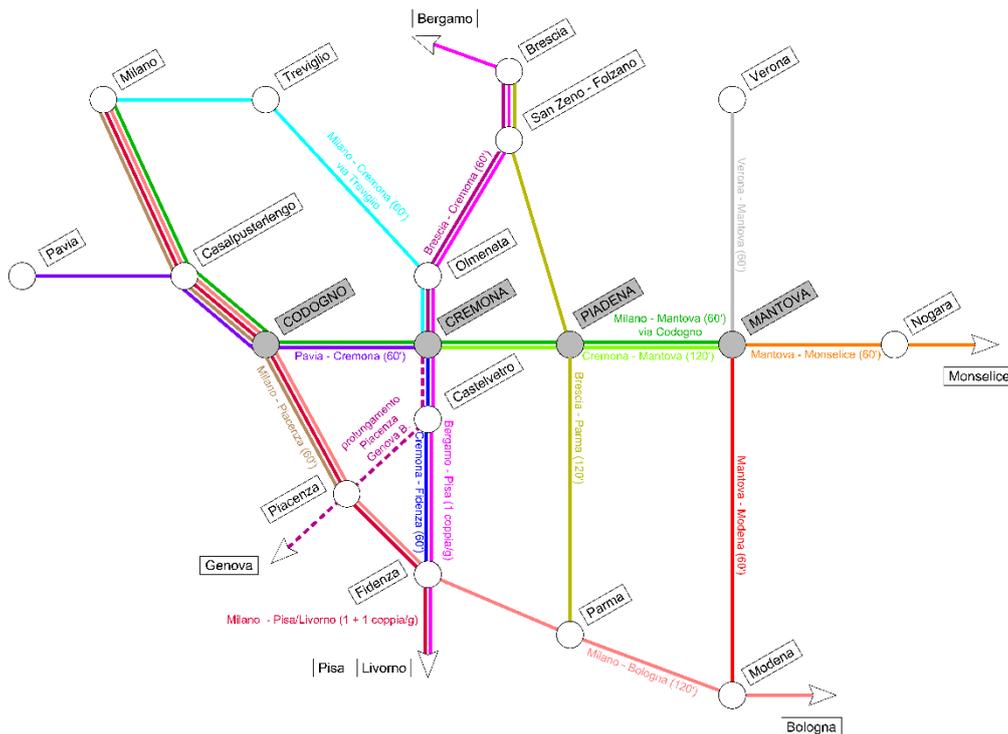


Figura 4-5: Schema dei servizi ferroviari nell'area di studio

¹³ RFI non opera di norma modifiche all'assetto della rete dei servizi bus in quanto questo tipo di analisi compete agli Enti territorialmente preposti (nella fattispecie le diverse regioni per quanto di competenza territoriale).

Tabella 4-2 - Comparazione dei tempi di percorrenza

Percorso (Servizio)	Tempo di percorrenza	
	Scenario infrastrutturale ATTUALE	Scenario infrastrutturale RADDOPPIO
	Esercizio attuale	Ipotesi di esercizio AQ
Milano - Cremona (RE11)	1 ^h 08'	56' -12'
Cremona - Milano (RE11)	1 ^h 10'	56' -14'
Milano - Mantova (RE11)	1 ^h 58'	1 ^h 25' -33'
Mantova - Milano (RE11)	1 ^h 58'	1 ^h 25' -33'
Cremona - Mantova (RE11)	48'	28' -20'
Mantova - Cremona (RE11)	46'	28' -20'
Codogno - Cremona (R39)	36'	26' -10'
Cremona - Codogno (R39)	36'	26' -10'
Cremona - Piacenza (R40)	30'	20' -10'
Piacenza - Cremona (R40)	28'	20' -8'
Cremona - Mantova (R40)	1 ^h 10'	50' -20'
Mantova - Cremona (R40)	1 ^h 10'	50' -20'

5. PROSPETTIVE DI SVILUPPO DEI TRAFFICI MERCI

Al § 3.4 del presente documento, deputato alla rappresentazione del traffico ferroviario delle merci che attualmente interessa la linea oggetto di intervento, si è già ampiamente descritta la struttura produttiva dell'area di studio e, in particolare, la vocazione agricola e manifatturiera dell'area di intervento.

Il traffico ferroviario delle merci, come già visto, è basato su un numero limitato di impianti che tendono a specializzarsi per prevalenti merceologie trattate; a questo fenomeno, si accompagna un ulteriore fattore di concentrazione di traffico nei 2 impianti merci maggiori, Cava Tigozzi e Piadena, che detengono insieme l'84% dei volumi ferroviari totali (in tonnellate) dell'area.

La ferrovia è impiegata, in particolare, come mezzo di trasporto per l'import di materie prime: oltre ai rottami e ai semilavorati che riforniscono i poli siderurgici dell'area, l'altra merceologia rilevante è costituita dai prodotti agricoli.

Per quanto concerne l'intermodalità strada-rotaia, non sono presenti impianti lungo la linea oggetto di intervento, ancorché numerosi siano i terminal che rientrano nell'area di studio.

Guardando all'evoluzione del traffico ferroviario delle merci da/per gli impianti della linea negli anni dal 2012 al 2019, emerge complessivamente una **staticità nel numero annuo di treni effettuati** (circa 9.950 con un picco di 11.000 nel 2018); **tuttavia** va evidenziato che proprio **tali impianti in questi anni hanno visto l'introduzione e l'effettuazione in maniera sempre più consistente dei cosiddetti "treni pesanti"** (2.000 ton/treno), con conseguente incremento di produttività del singolo trasporto, e che la linea oggetto di intervento, ormai saturata, non consente incrementi di traffico.

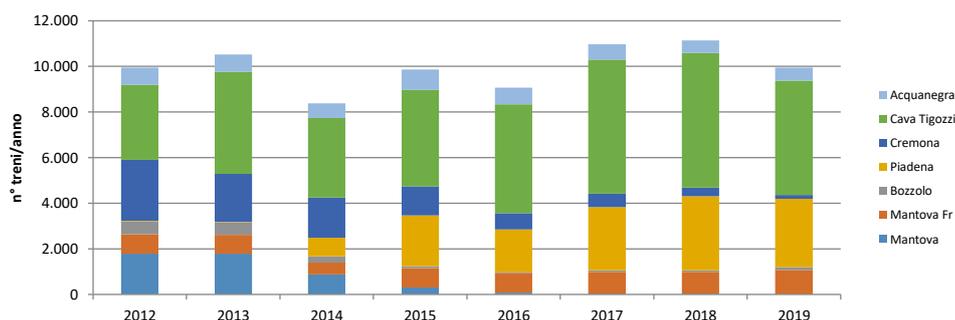


Figura 5-1: Treni annui effettuati per impianto della linea (elaborazioni RFI)

Il trend, inoltre, ben rappresenta la chiusura dello scalo merci di Mantova, i cui treni, prevalentemente legati all'industria siderurgica, sono stati dirottati sull'impianto di Piadena, e la progressiva riduzione dei treni su Cremona, a favore dell'impianto di Cava Tigozzi.

In questo capitolo, finalizzato ad un'analisi delle prospettive di sviluppo del traffico ferroviario delle merci sulla linea Codogno-Cremona-Mantova, si vogliono esaminare:

- gli scenari futuri delle filiere produttive che caratterizzano l'area, con particolare riferimento a quelle a maggiore vocazione ferroviaria, ovvero i settori siderurgico e cerealicolo;
- la possibile acquisizione di quote modali dal trasporto stradale;
- il possibile utilizzo della linea quale itinerario alternativo alla Torino - Milano - Venezia.

5.1. L'ANDAMENTO ECONOMICO COMPLESSIVO E DEI SETTORI SIDERURGICO E CEREALICOLO

L'industria del Cremonese ha registrato negli ultimi 5 anni un trend complessivamente positivo, ma, già a fine 2019 ha mostrato evidenti segnali di sofferenza¹⁴: il consuntivo 2019 mostra un arretramento della produzione

¹⁴ La congiuntura economica cremonese, 4° trimestre 2019 - Camera di Commercio Cremona.

accompagnato da una diminuzione degli ordinativi interni e un incremento degli ordinativi esteri. Confermando la tendenza ininterrotta da quattro anni, l'occupazione presenta comunque ancora una variazione positiva.

Per quanto riguarda l'agricoltura, i dati lombardi del secondo semestre 2019 evidenziano una situazione sostanzialmente positiva, ma emergono anche fattori di forte criticità legati, da un lato alla persistente debolezza della domanda interna, causata dalla stagnazione della crescita economica e dalla mancata ripresa dei consumi alimentari, e dall'altro alle conseguenze negative per le esportazioni agroalimentari lombarde che derivano dai dazi imposti dagli Stati Uniti e dalla Brexit. Il comparto cerealicolo ha evidenziato un andamento privo di scossoni, ma su livelli di prezzo significativamente inferiori rispetto a quelli dell'anno precedente, sempre più condizionato dall'ampia disponibilità di prodotto estero.

L'andamento economico più recente dell'area, come del resto del Mondo, è chiaramente in larga misura condizionato dall'emergenza sanitaria in corso.

5.1.1 LA FILIERA DEI PRODOTTI SIDERURGICI¹⁵

L'industria siderurgica è una componente essenziale del sistema produttivo industriale nazionale: l'Italia, con circa 25 Mt/anno, si colloca al secondo posto, dopo la Germania, nella classifica dei principali produttori di acciaio in Europa e tra i primi 20 Paesi al Mondo; tuttavia, il peso dell'Europa (10,5%) sulla produzione mondiale di acciaio sta diventando marginale, con l'Asia che rappresenta oltre i 2/3 della siderurgia mondiale (la sola Cina detiene oltre il 50% della produzione mondiale).

L'industria siderurgica italiana soddisfa soprattutto una domanda che proviene dal mercato interno e, in particolare, da alcuni tra i principali comparti del *made in Italy* (la meccanica, l'*automotive*, la produzione di elettrodomestici, la cantieristica navale), pertanto le sue performance sono strettamente correlate a quelle dei settori utilizzatori di acciaio.



Figura 5-2: Andamento della produzione di acciaio in Italia

Le importazioni di prodotti siderurgici mostrano un trend in crescita, segnando nel 2018 un massimo storico dopo la crisi del 2009 (21,1 Mt), mentre le esportazioni rimangono stabili (17,9 Mt nel 2018), con un saldo import-export di 3,2 Mt.

¹⁵ Le fonti utilizzate nella stesura del presente paragrafo sono:

- *Il futuro dell'industria siderurgica in Italia*, 2014 - Centro studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri;
- *L'industria siderurgica italiana*, assemblea annuale 2019 - Federacciai.

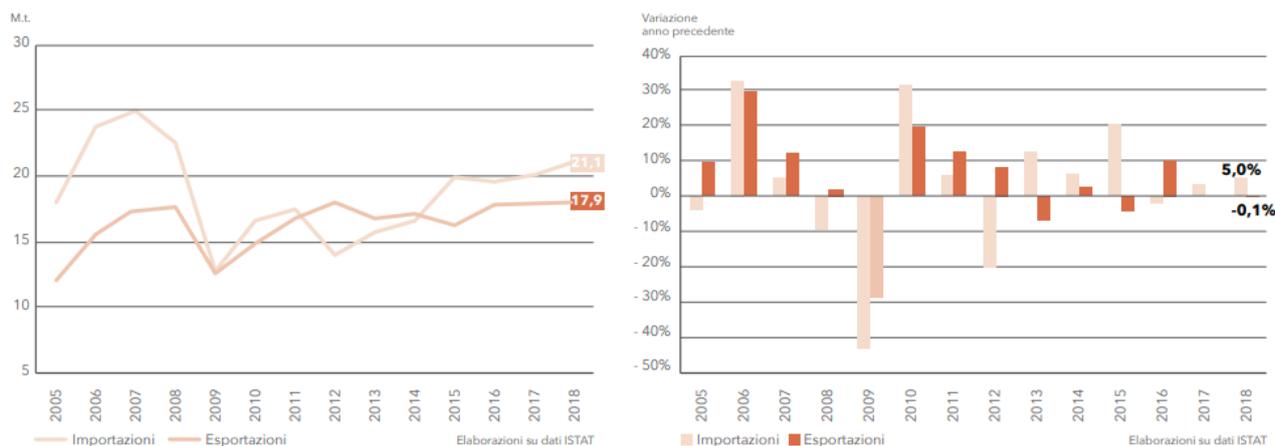


Figura 5-3: Andamento importazione ed esportazioni di prodotti siderurgici

Dal punto di vista della modalità di produzione, l'attuale configurazione dell'industria italiana dell'acciaio vede il 35% della produzione scaturire dal ciclo integrale (che utilizza come materie prime il minerale di ferro e il carbon fossile e si posiziona di norma su poli produttivi di accesso al mare: Taranto, Piombino e Trieste), mentre la quota maggiore, pari a circa 65%, è prodotta con il forno elettrico (attraverso la fusione di rottami) da impianti molto più piccoli e flessibili, i cui poli produttivi si concentrano nelle aree di Brescia, Udine, Cremona e Mantova.

Il progressivo passaggio dal ciclo integrale al ciclo a forno elettrico fa dell'Italia, già oggi, uno tra i maggiori importatori e utilizzatori di rottame su scala europea. Il bilancio delle acquisizioni di materia prima per il 2018, comprensivo di tutto l'input ferroso costituito da rottame, ghisa ed HBI, è sintetizzato nella tabella che segue.

	Quantità totale 000 t.
Fabbisogno totale	22.030
Fabbisogno d'acquisto	19.886
Arrivi dal mercato nazionale	12.995
Arrivi da importazione:	
- UE(28)	4.596
- Paesi extra-UE	2.170

NOTE
La differenza tra fabbisogno totale e fabbisogno di acquisto è dovuta ai recuperi interni.
La differenza tra fabbisogno di acquisto e arrivi totali è imputabile alla variazione delle scorte.

Figura 5-4 Acquisizione di rottame nel 2018

Recenti studi in merito alle previsioni di traffico merci, condotti da RFI nell'ambito del gruppo di lavoro del *Brenner Corridor Platform*, di concerto con i gestori delle infrastrutture e i ministeri di Austria e Germania, relativamente al settore siderurgico (CAFT 4) hanno rilevato un trend in crescita dei volumi scambiati (sia in import che in export) tra Italia e Belgio, Olanda, Lussemburgo, Germania, Svizzera, Austria, Danimarca, Svezia e Finlandia evidenziando correlazioni con le tendenze dei GDP sia nazionale che dei paesi esteri.

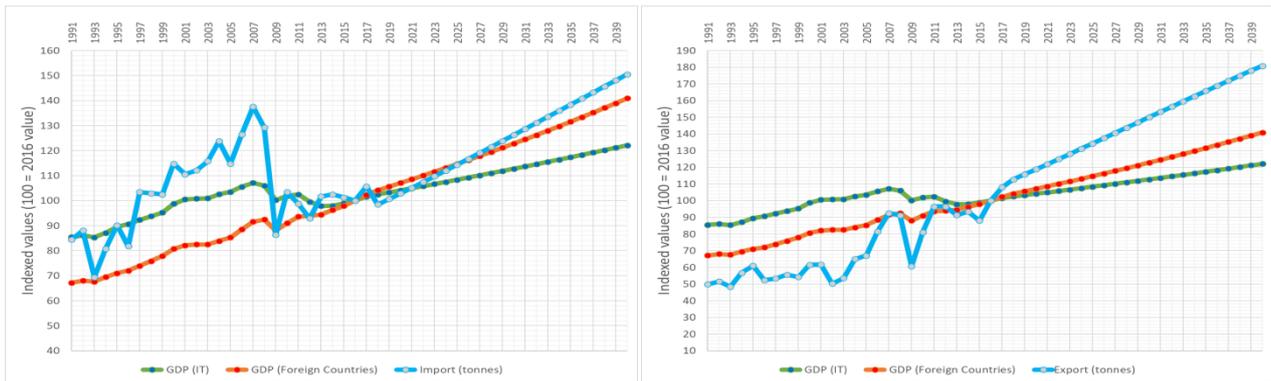


Figura 5-5 Previsioni di crescita dei volumi in import ed export - CAFT 4 (elaborazioni RFI)

Nonostante l'emergenza sanitaria in corso abbia determinato anche per questo settore una battuta di arresto è ipotizzabile che il settore sia in grado di riprendere conservando un trend in crescita, sebbene rallentato, con conseguenti incrementi dei traffici ferroviari legati a questa filiera.

Nell'area di intervento, la filiera dei prodotti siderurgici presenta due poli di rilievo: uno ubicato nell'area del Porto Canale di Cremona, caratterizzato da un complesso di impianti integrati di fonderia e produzione di laminati piani e tubi, con una capacità produttiva di 3,4 Mt/anno (1,12 con destino i mercati esteri); l'altro ubicato nella provincia di Mantova, principalmente tra le località di Gazoldo degli Ippoliti, e Casalmaggiore, destinato principalmente alla produzione di coils, nastri, lamiere, barre e tubi saldati, con una capacità produttiva di quasi 5 Mt/anno, raggiunto via ferrovia, attraverso lo scalo merci di Piadena, dai semilavorati provenienti dagli stabilimenti siti nel porto di Ravenna.

Entrambi i poli generano però anche flussi veicolari importanti: il vettore stradale interviene sia nella fase di approvvigionamento delle acciaierie, sia soprattutto, nelle successive fasi di trasporto "interplant" e di distribuzione di prodotti finiti. Le ragioni di questo utilizzo della gomma sono ricercabili nella flessibilità operativa, nel più agevole stivaggio dei prodotti siderurgici sul mezzo stradale; anche il fattore economico premia la strada in ragione dello squilibrio dei traffici, ovvero della non disponibilità di carichi di ritorno.

5.1.2 LA FILIERA DEI PRODOTTI AGRICOLI

Il territorio delle provincie di Cremona e Mantova, appartenente alla fascia meridionale della regione Lombardia, occupa un'area interamente pianeggiante lungo il corso del fiume Po; questa posizione geografica, al centro della fertile pianura Padana, ricca di acque accuratamente canalizzate, determina storicamente la tipica vocazione agricola dell'economia dell'area.

L'agricoltura, da sempre uno dei punti di forza del territorio, viene esercitata attraverso lo sviluppo di tecniche agronomiche all'avanguardia e mediante una moderna meccanizzazione, da realtà produttive sempre più grandi ed efficienti, fra le più avanzate in Italia e in Europa. Tra le coltivazioni sono largamente prevalenti i seminativi (mais e frumento) e le colture foraggere. Gran parte della produzione agricola è destinata a sostenere l'importante settore della zootecnia che è uno dei pilastri dell'economia cremonese e contribuisce per l'80% al valore complessivo dei prodotti del settore primario.

La filiera dell'agricoltura e dell'allevamento è caratterizzata anche dall'approvvigionamento e lavorazione di mangimi e fertilizzanti. La consolidata interrelazione tra apparato agricolo e produttivo si manifesta nei diversi impianti e depositi di mangimi, collocati in posizione strategica nel territorio e con un'area di influenza estesa anche alle province contermini. La rete distributiva deve raggiungere molteplici destinazioni e con carichi unitari relativamente contenuti: tali fattori premiano inevitabilmente il vettore stradale (in genere, autotreno). Per la fase di approvvigionamento delle materie prime (cereali, sfarinati, ecc.), tuttavia, pur essendo a quasi totale appannaggio della strada, esistono prospettive concrete per l'utilizzo della ferrovia, oltre che dell'idrovia previa soluzione delle criticità interne al sistema (navigabilità del Fiume Po, costo del trasporto, ecc.).

Sulla base dei dati provvisori Istat, le importazioni in Italia nel settore dei cereali, semi oleosi e farine proteiche nel primo quadrimestre 2020 si sono confermate sostanzialmente ai livelli dello stesso periodo dell'anno precedente (+0,1%), per un totale di 6,8 Mt. Le esportazioni dall'Italia sono aumentate nelle quantità di 276'000 tonnellate (+19,3%) e nei valori di 258 milioni di euro (+21,9%), rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente¹⁶ (per un totale di 1,7 Mt).

Un rapporto Ocse-Fao ha provato ad immaginare i prossimi dieci anni del settore agroalimentare mondiale: aumenta la domanda ma anche l'offerta grazie a tecniche di produzione più sofisticate. Aumentano i raccolti (+10%), le terre coltivabili (+5%) e il bestiame (+14%); cresce il bisogno di proteine vegetali a complemento di quelle animali.

Anche in questo caso il già menzionato studio RFI ha evidenziato un trend in crescita, soprattutto relativamente alle importazioni, del settore produttivo equivalente (CAFT 1).

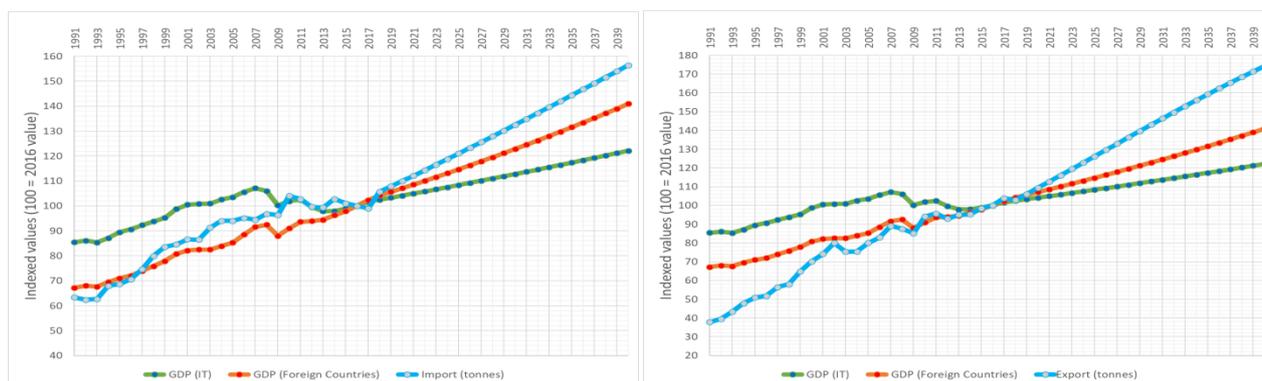


Figura 5-6 Previsioni di crescita dei volumi in import ed export - CAFT 1 (elaborazioni RFI)

5.2. L'ACQUISIZIONE DI QUOTE MODALI DAL TRAFFICO STRADALE

Il traffico dei mezzi pesanti generato dagli insediamenti produttivi assume dimensioni rilevanti nell'area di studio, soprattutto lungo i sistemi tangenziali di Cremona e Crema e in attraversamento all'abitato di Casalmaggiore¹⁷.

Emerge un forte squilibrio modale tra la strada e la ferrovia, valorizzabile nella quota percentuale del 90% assegnata alla strada se si considerano gli spostamenti interprovinciali da/verso origini e destinazioni nazionali. Tale ripartizione modale è giustificata da un profilo produttivo dell'area caratterizzato da un'accentuata presenza di piccole e medie aziende con una vocazione specifica del settore agricolo che, a parte il caso dell'approvvigionamento di alimenti per il bestiame, presenta cicli produttivi e distributivi spesso risolvibili solo dal vettore stradale.

Considerando l'ambito di effettiva competitività della ferrovia (medie/lunghe distanze), dunque includendo la componente di traffico internazionale la quota modale assegnabile alla ferrovia sale al 21% del totale.

Prestazioni più elevate del sistema ferroviario, attualmente prossimo alla saturazione, ottenibili riducendo il costo generalizzato del trasporto ferroviario ne determinerebbero una ancora maggiore appetibilità.

Oggi il traffico merci su strada con O/D nazionali e internazionali, generato dalle province di Cremona e Mantova e in riferimento ai soli settori agricolo e siderurgico, raggiunge quasi le 22 mln di tonnellate/anno (1,7 mln traffici internazionali). Considerando un carico medio di 550 ton/treno, ogni 1% di tonnellate sottratte ai volumi trasportati su gomma produrrebbe 2 treni al giorno aggiuntivi.

¹⁶ Associazione nazionale cerealisti, relazione 17 luglio 2020.

¹⁷ Provincia di Cremona - U.T.P. Sett. IX Servizio di Pianificazione e Programmazione della Viabilità e del Traffico - Piano della viabilità.

Tabella 5-1: Tonnellate di merci trasportate via strada (fonte EUROSTAT)

Migliaia di tonnellate		Nazionale	Internazionale
Cremona	Products of agriculture	4.544	376
	Metals	2.700	530
Mantova	Products of agriculture	3.975	429
	Metals	8.816	364
Totale		20.035	1.699

Analizzando i flussi stradali generati dalle due provincie e scambiati con i Paesi esteri, emergono volumi significativi anche di altre categorie merceologiche:

- *Food products, beverages and tobacco*, prevalentemente in export verso la Francia; trattandosi di merce che viaggia prevalentemente come trasporto combinato, eventuali quote di mercato acquisite dalla modalità stradale interesserebbero gli interporti che gravitano nell'area di studio (cap.6) ma non i flussi ferroviari della linea.

Tabella 5-2: Merci scambiate via strada con estero (fonte elaborazioni RFI)

Migliaia di tonnellate		
<i>Food products</i>	Cremona	390
	Mantova	547
Totale		937

- *Chemicals, chemical products, and man-made fibers, rubber and plastic products, nuclear fuel*, che interessa prevalentemente la provincia di Mantova e i Paesi dell'est Europa, i cui flussi ferroviari dunque non interesserebbero la linea oggetto di intervento.

Tabella 5-3: Merci scambiate via strada con estero (fonte elaborazioni RFI)

Migliaia di tonnellate		
<i>Chemical products</i>	Cremona	261
	Mantova	417
Totale		678

- *Wood and products of wood and cork, paper and paper products*, i cui flussi generati da entrambe le provincie provengono prevalentemente da Austria e Germania.

Tabella 5-4: Merci scambiate via strada con estero (fonte elaborazioni RFI)

Migliaia di tonnellate		
<i>Wood</i>	Cremona	157
	Mantova	210
Totale		367

5.3. APPETIBILITÀ DELLA LINEA PER LA FORMAZIONE DI ITINERARI ALTERNATIVI

La linea Codogno-Cremona-Mantova può costituire, per il traffico merci, una porzione di itinerario alternativo a quelli normalmente utilizzati che anzitutto si sviluppano lungo il Core Corridor Mediterraneo; questa possibilità, che presuppone l'intervento oggetto del presente studio di traffico ma che sarebbe condizionata anche all'esecuzione di ulteriori investimenti (ad oggi non pianificati) su alcune tratte di adduzione alla linea in esame, come ad esempio le linee Mortara – Pavia – Casalpusterlengo (elettrificazione) ovvero la linea Verona – Mantova (potenziamento), si connotano come potenzialità di medio-lungo periodo.

In particolare, l'itinerario lungo la Milano-Brescia-Venezia offre percorsi di estensione pressoché equivalente a quello lungo la linea Codogno-Cremona-Mantova, se si considerano le tratte comprese tra Verona e Pavia.

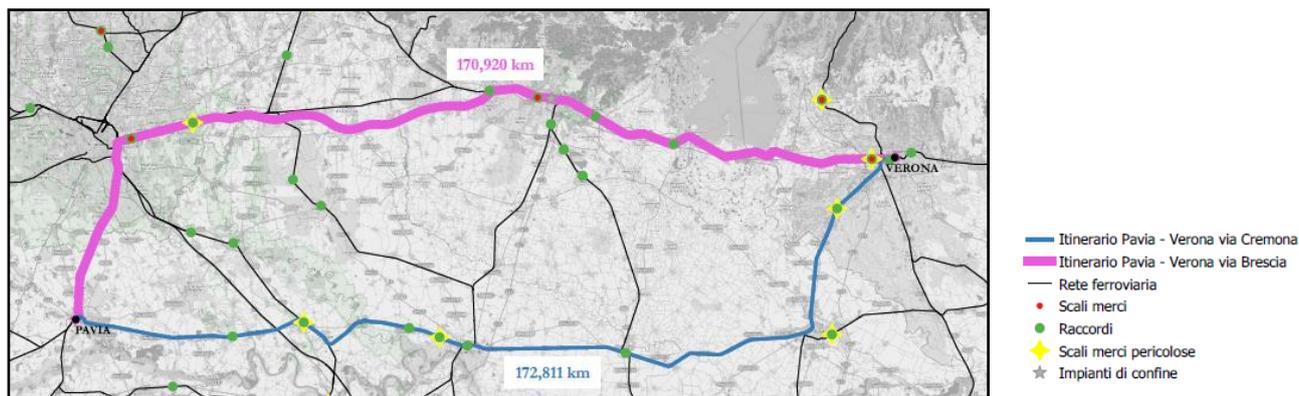


Figura 5-7: Comparazione itinerari Pavia-Verona via Cremona e via Brescia

Tale valutazione ha valenza per tutte le relazioni che congiungono la Liguria e i relativi porti con l'area nord-est del Paese, in particolare con gli interporti di Verona Quadrante Europa e Padova (circa 40 treni/settimana nella programmazione 2019), e potrebbe offrire un'efficace alternativa complementare che evita i vincoli di transito nel nodo di Milano in orari critici per il traffico viaggiatori, godendo di una maggiore flessibilità di programmazione; la predetta opportunità riguarda anche le relazioni tra l'area piemontese e il nord est, ovvero traffici che riguardano principalmente i settori automotive (Torino/Villanova d'Asti-est Europa) e combinato (Novara-Trieste) (circa 25 treni/settimana).

Particolare attenzione meritano poi i flussi che hanno destino sulla linea stessa e oggi, seguendo l'itinerario Milano-Brescia-Verona per via delle caratteristiche tecniche-operative dei convogli e dell'infrastruttura, aumentano notevolmente la loro percorrenza (8 treni/settimana):

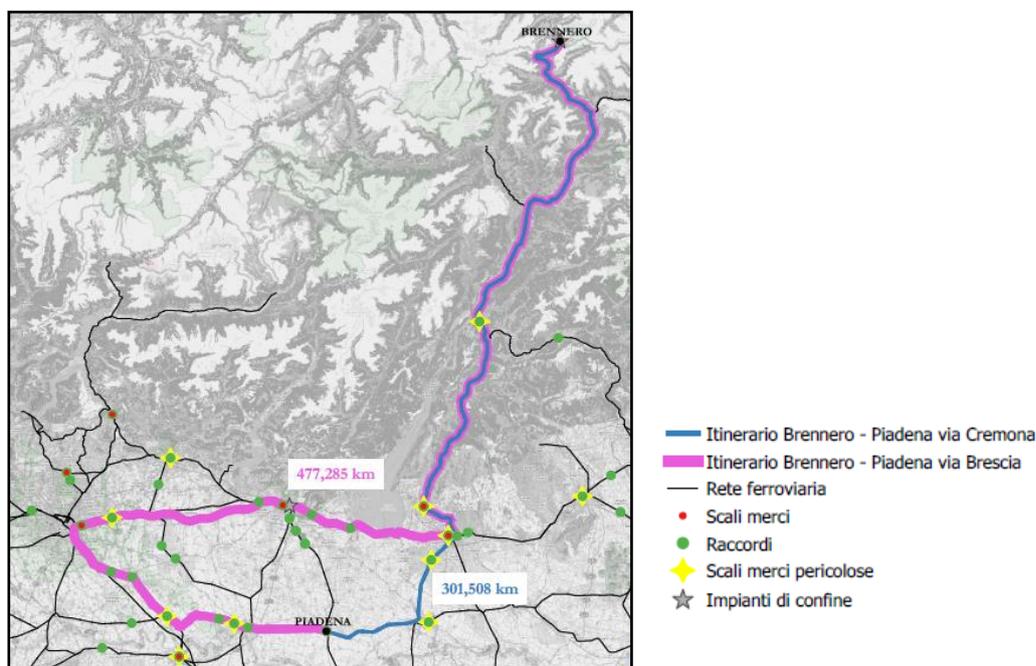


Figura 5-8: Relazione Brennero-Piadena - comparazione tra i due itinerari

Il raddoppio e il potenziamento delle linee di adduzione porterebbero ad una maggiore appetibilità del trasporto ferroviario per effetto delle minori percorrenze e dei costi generalizzati.

Occorre comunque ribadire che per confermare l'utilizzabilità dell'itinerario "gronda" Pavia-Casalpusterlengo-Codogno-Mantova-Verona" come itinerario alternativo, sarebbero necessari ulteriori investimenti, in particolare

in merito all'adeguamento delle tratte più estreme Mortara - Pavia-Casalpusterlengo (a semplice binario non elettrificata) e Mantova-Verona (a semplice binario) e ai livelli di servizio della tratta Codogno-Casalpusterlengo, appartenente alla direttrice storica Milano-Bologna.

La linea in argomento può infine essere utilizzata quale componente di itinerari alternativi dei traffici che si sviluppano lungo la linea dorsale, permettendo tra l'altro di migliorare le condizioni di circolazione della tratta Piacenza – PM Lavino, in alcune fasce orarie caratterizzata da livelli di utilizzazione prossime ai limiti di saturazione.

Il settore merci rappresenta infatti circa il 50% del traffico totale che attualmente circola sulla tratta Piacenza – PM Lavino e la maggior parte di questo è di transito, percorrendo per intero la linea da Piacenza verso la cintura di Bologna e viceversa. La diversione di una quota parte di questi treni merci verso un itinerario alternativo, individuato nella Cremona - Piadena - Mantova - Nogara e nella Nogara - Poggio Rusco - Bologna, riallacciandosi alla cintura di Bologna a Bivio Tavernelle, favorirebbe la risoluzione delle problematiche di saturazione della tratta Piacenza – PM Lavino appena citate (Figura 5-9).

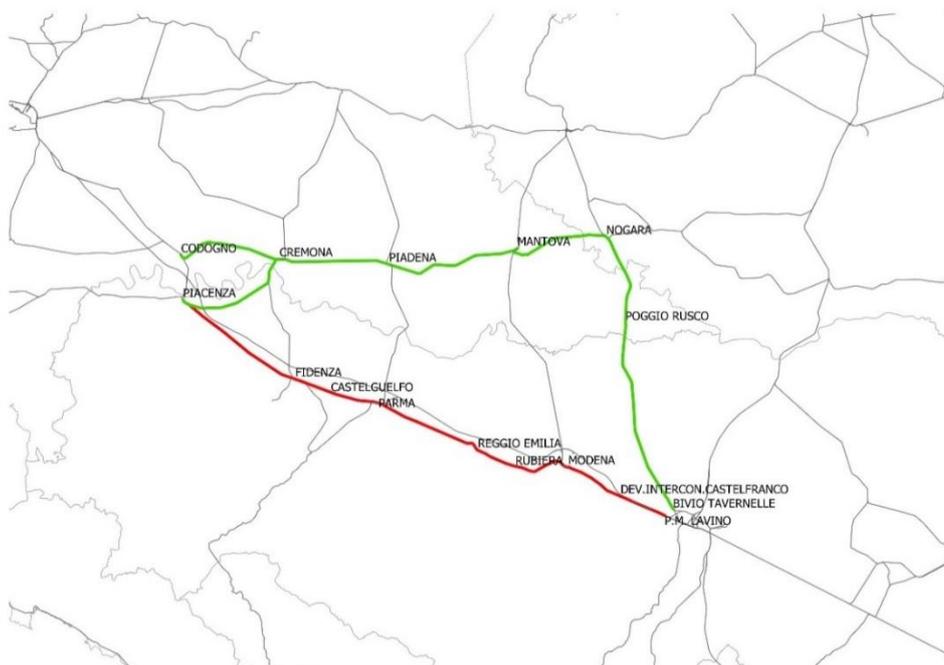


Figura 5-9: la Codogno – Cremona – Mantova come itinerario alternativo dei servizi merci sulla dorsale

Sull'itinerario alternativo, oltre al raddoppio della linea oggetto del presente Studio (Codogno - Cremona - Mantova) è previsto tra l'altro l'*upgrading* tecnologico della Bologna - Verona (con interventi al segnalamento che permetteranno di conseguire benefici in termini di capacità attraverso la sostituzione del Blocco Conta Assi con il Blocco Automatico Banalizzato) nonché sono allo studio:

- la bretella di Mantova¹⁸, per permettere ai treni merci di proseguire verso Nogara senza effettuare operazioni di cambio banco nella stazione di Mantova;
- l'adeguamento del modulo dei binari di incrocio nelle stazioni di Mantova Frassine, Gazzo di Bigarello e Castel d'Ario, nonché velocizzazione degli itinerari deviati e realizzazione dei sottopassi e delle specifiche tecnologiche/infrastrutturali per l'attuazione dei movimenti contemporanei.

Vale la pena sottolineare come le opportunità analizzate in questo paragrafo non sono comunque in ogni modo consentite dalle attuali condizioni di utilizzazione della linea Codogno – Cremona - Mantova.

¹⁸ La bretella di Mantova, oggetto di studio da parte di RFI nel 2011 e in seguito approfondita con la sottoscrizione di un Protocollo d'Intesa con il Comune di Mantova nel 2018, consentirebbe di creare la continuità dell'itinerario merci alternativo via Codogno/Mantova oltre a garantire una riqualificazione urbanistica a sud del centro cittadino.

5.4. INDICATORI PER L'ANALISI DI REDDITIVITÀ – SEGMENTO MERCI

Considerata la vocazione fortemente produttiva dell'area e il trend sostanzialmente positivo dell'industria siderurgica e agroalimentare, che si stima in risalita anche se con andamento rallentato dallo stallo generato dalla crisi pandemica, per l'area di studio è ipotizzabile una crescita dei volumi di merce trasportata; questa crescita, come già rappresentato nel paragrafo 5-1, nelle attuali condizioni di saturazione della linea ferroviaria, non può generare incrementi del traffico delle merci.

Come descritto nel paragrafo 5.2, gli insediamenti produttivi presenti nell'area di studio generano già oggi un significativo traffico di mezzi pesanti e un forte squilibrio modale tra la strada e la ferrovia, soprattutto se si considerano le O/D nazionali; la presenza di piccole e medie imprese, caratterizzate da cicli produttivi e distributivi spesso risolvibili solo dal vettore stradale, rende più competitiva la ferrovia nelle relazioni di media/lunga distanza, in particolare quelle internazionale. Tuttavia, è presumibile, considerata la vocazione al trasporto ferroviario della merce che interessa l'area, che prestazioni più elevate del sistema ferroviario, attualmente prossimo alla saturazione, fornirebbero margini di crescita anche a trasporti ferroviari a più corto raggio, grazie a maggiore flessibilità operativa, minore costo generalizzato del trasporto ferroviario e migliore performance.

Ai fini di individuare gli elementi utili all'analisi di redditività dell'investimento, sono stati presi in considerazione i possibili incrementi di traffico ferroviario generati dalle provincie di Cremona e Mantova in riferimento ai settori agricolo e siderurgico, differenziati sulla domanda nazionale e internazionale e acquisibili dalla modalità stradale.

Tabella 5-5 – Parametri di calcolo

	Nazionale	Internazionale
Incremento diversione modale strada	+5%	+4%
Load factor treno [tonn]	650	550
Load factor autoveicolo [tonn]	16	16
Distanza media strada	220	350
Distanza media primo/ultimo miglio	15	15

In particolare, si è ipotizzato che nel tempo si mantenga il divario tra le quote modali ferroviarie nazionali (oggi al 10%) e internazionali (oggi al 21%) e che, in ragione del sempre più consolidato ricorso ai treni a elevate prestazioni soprattutto in ambito nazionale (relazioni a servizio del traffico siderurgico e cerealicolo), anche il *load factor* del singolo treno sia differente tra i due ambiti territoriali.

Inoltre, benché i terminal della linea oggi caratterizzati dai maggiori volumi di traffico ferroviario (Cava Tigozzi e Piadena) rientrino nella provincia di Cremona, ai fini della valutazione delle prospettive di crescita del traffico ferroviario e delle quote modali acquisibili dalla modalità stradale si è considerato anche il traffico stradale generato dalla provincia di Mantova, oggi in buona parte afferente all'impianto merci di Piadena.

Ai fini del calcolo delle tonnellate acquisibili dalla modalità stradale, sono stati considerati i flussi stradali rilevati da EUROSTAT e riportati nelle tabelle da 5-1 a 5-4 del presente capitolo.

Tabella 5-6 Tonnellate sottraibili alla strada

	Nazionale	Internazionale
Cremona	362.200	68.560
Mantova	639.550	78.680
Totale	1.001.750	147.240

Il conseguente numero di treni aggiuntivi, calcolato con *load factor* differente per segmento nazionale e internazionale, risulta come riportato in tabella 5-7.

Tabella 5-7 – Incremento treni

	Nazionale	Internazionale
Cremona	557	125
Mantova	984	143
Totale	1.541	268

Ne derivano i seguenti indicatori rappresentativi del traffico ferroviario incrementale al 2032, rispetto all'anno 2019, preso a riferimento.

Tabella 5-8 – Tonnellate-km sottratte alla strada

	Nazionale	Internazionale
Cremona	-68.818.000	-21.939.200
Mantova	-121.514.500	-25.177.600
Totale	-237.449.300	

Tabella 5-9 – Treni-km aggiuntivi

	Nazionale	Internazionale
Cremona	122.591	43.629
Mantova	216.463	50.069
Totale	432.752	

Tabella 5-10 – Veicoli-km sottratti alla strada

	Nazionale	Internazionale
Cremona	-4.301.125	-1.371.200
Mantova	-7.594.656	-1.573.600
Totale	-14.840.581	

6. PROSPETTIVE DI SVILUPPO DEI TRAFFICI PASSEGGERI

Al fine di valutare le prospettive di sviluppo dei traffici passeggeri sono state prese in considerazione le ipotesi di riorganizzazione dei servizi ferroviari evidenziate al precedente § 4.2 unitamente alla valutazione di alcune variabili socio-economiche che, in considerazione dell'orizzonte temporale di medio-lungo periodo in cui è possibile ipotizzare il raddoppio dell'intera linea (2032), possono significativamente variare producendo significativi condizionamenti alla mobilità.

Le variazioni alla domanda e ai flussi di traffico sono state quindi determinate attraverso uno specifico sistema di modelli matematici, calibrato e tarato sulla specifica realtà territoriale in esame, i cui dettagli sono esposti nell'appendice metodologica del presente documento.

Nei seguenti paragrafi, dopo una breve rappresentazione dell'apparato metodologico utilizzato, vengono espone nel dettaglio alcune ipotesi di scenario adottate e le conseguenti stime della domanda e dei flussi di traffico che si realizzano in corrispondenza delle diverse componenti del sistema di trasporto dell'area di studio.

6.1. GENERALITÀ SULL'APPARATO METODOLOGICO

Le previsioni di traffico dei servizi ferroviari regionali si basano su un apparato modellistico, messo specificatamente a punto per questo Studio, che trae origine:

- dal modello del sistema di offerta delle infrastrutture e dei servizi che schematizza la rete delle infrastrutture stradali e quella dei servizi ferroviari e bus del territorio compreso nell'Area di Studio, sistema rappresentato secondo un livello di definizione coerente con il livello di dettaglio dello *zoning* adottato per l'area di studio;
- dalla “Matrice regionale Origine Destinazione stimata degli spostamenti distinti per origine, destinazione, fascia oraria, motivo e modo prevalente dello spostamento (2020)”, matrice resa disponibile dalla Regione Lombardia¹⁹;

I suddetti elementi hanno, più in particolare, permesso di calibrare il sistema di modelli matematici (emissione, distribuzione, scelta modale e assegnazione) utilizzati ai fini previsionali²⁰.

Il modello di offerta di cui al primo punto è stato direttamente sviluppato da RFI mentre la matrice degli spostamenti, come anticipato, è un dato *open* della Regione Lombardia; la matrice 2020, in particolare, costituisce un aggiornamento di quella al 2014 che, a sua volta, è stata ottenuta attraverso l'implementazione di un modello di trasporto a partire da alcuni principali set di input (ad esempio, rete stradale aggiornata a gennaio 2014, caratteristiche del sistema socio-economico, database degli attributi di emissione/distribuzione, principali caratteristiche della mobilità rilevate attraverso questionari on-line, interviste vis-à-vis, etc.).

La struttura della matrice disponibile è tale per cui gli spostamenti tra i diversi comuni lombardi sono caratterizzati da uno dei seguenti motivi: lavoro, studio, occasionali, affari e rientri a casa e da uno dei seguenti modi: auto conducente, auto passeggero, TPL gomma, TPL ferro, moto, bici, piedi e altro.

Ai fini del presente studio sono stati utilizzati tutti i motivi di spostamento tranne i “rientri a casa” e i seguenti modi di trasporto: auto (sia passeggero che conducente) e TPL (sia su gomma che su ferro). Sono state inoltre considerate valide le seguenti ipotesi:

- tutti gli spostamenti su una determinata relazione O/D presentano un valore identico in direzione opposta che caratterizza il rientro a casa;

¹⁹ <https://www.dati.lombardia.it/stories/s/Trasporti-Matrici-passeggeri-e-veicoli-commerciali/5tsd-gjin/>

²⁰ Lo *zoning* dell'area di studio è tale che la maggioranza delle coppie O/D degli spostamenti (87%) è compresa in territorio lombardo. Questa circostanza giustifica la possibilità di estendere a spostamenti che avvengono tra coppie di zone “eterogenee (i.e.: Lombardia-Veneto, Lombardia-Emilia R.) le previsioni basate su una catena modellistica calibrata sulla base di spostamenti interni alla Lombardia.

- sono trascurati gli spostamenti su moto, bici, piedi (e altro) in considerazione della scala di analisi che prevede spostamenti intercomunali.

La valutazione dei carichi sulla rete di trasporto ha utilizzato la “canonica” metodologia basata sulla individuazione delle componenti tecniche e socio-economiche atte a connotare il sistema di mobilità a servizio di un determinato contesto territoriale e sulla simulazione delle interazioni tra le citate componenti (Figura 6-1).

L'apparato in questione e, in particolare, l'impianto modellistico finalizzato alla previsione della domanda futura, è stato condizionato dalla necessità di garantire un livello minimo di dettaglio della segmentazione della domanda di trasporto così come suggerito al § 3.7.2.1, dalle Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche. Sono stati quindi sviluppati sistemi di modelli di domanda (generazione, distribuzione e scelta modale), specifici per i quattro citati motivi di spostamento: lavoro, studio, occasionali, affari.

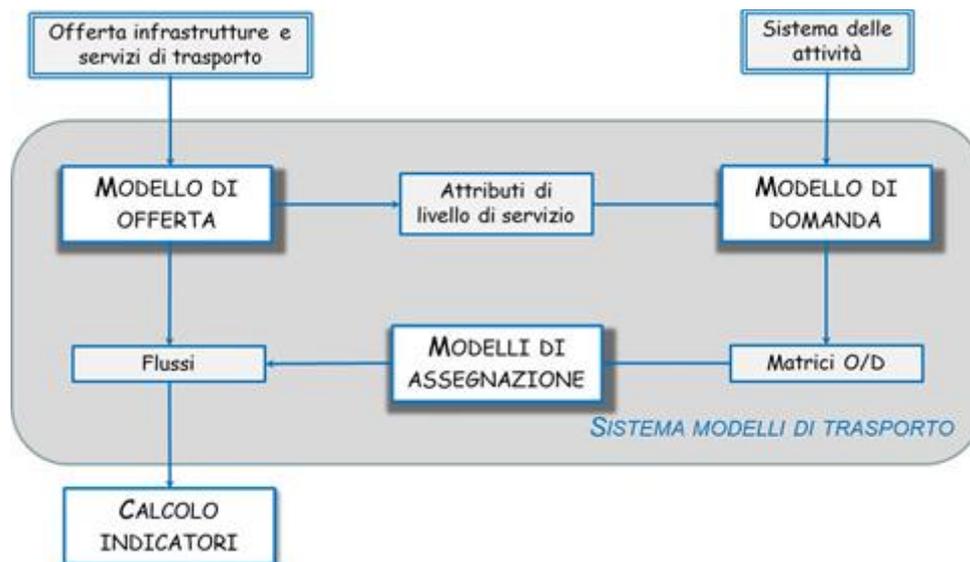


Figura 6-1: Schematizzazione della metodologia utilizzata per la previsione dei traffici relativi alla componente regionale

La metodologia di previsione della domanda di trasporto utilizza quindi il sistema di modelli di domanda di emissione, distribuzione e scelta modale specifico dei quattro diversi motivi di viaggio considerati (lavoro, studio, occasionali, affari) che permette di ottenere le future matrici O/D giornaliere distinte per le tre modalità di trasporto (auto, bus extraurbano, treno) considerate.

Maggiori dettagli circa l'apparato metodologico sono esposti nella apposita Appendice, posta a corredo del presente studio.

6.2. PREVISIONI DI CRESCITA DELLA POPOLAZIONE

Al fine di svolgere le previsioni di traffico dell'area di studio all'orizzonte temporale 2032, anno in cui è prevista l'ultimazione del raddoppio della linea Codogno-Cremona-Mantova, si è provveduto alla stima delle previsioni di crescita della popolazione, costituendo la quantità di popolazione per fascia di età l'elemento che condiziona, in particolare, il modello di emissione²¹.

In riferimento a ciascuna zona dell'area di studio individuata all'interno della presente trattazione e considerando come anno base il 2018 (ultimo anno di rilevazione disponibile), i dati di popolazione messi a disposizione da Istat, ripartiti per fasce di età, sono stati proiettati all'anno 2032.

Il sito web *Demo Istat* permette di estrarre, per ciascuna regione italiana, le previsioni di popolazione fino al 2066, suddivise per anno d'età, con il seguente dettaglio:

²¹ Come rappresentato in appendice metodologica la fascia di età dipende dai motivi di spostamento.

- limite inferiore intervallo di confidenza al 90% (5° percentile) – utilizzato per costruire il c.d. “scenario cautelativo”;
- limite inferiore intervallo di confidenza all'80% (10° percentile);
- limite inferiore intervallo di confidenza al 50% (25° percentile);
- scenario mediano;
- limite superiore intervallo di confidenza al 50% (75° percentile);
- limite superiore intervallo di confidenza all'80% (90° percentile);
- limite superiore intervallo di confidenza al 90% (95° percentile) – utilizzato per costruire il c.d. “scenario ottimistico”.

Per ciascuna regione ricadente nell'area di studio (Lombardia, Emilia Romagna e Veneto), sono stati estratti i dati di popolazione al 2018 e al 2032 nello scenario mediano, per le seguenti fasce di età:

- 15-29 anni;
- 30-64 anni;
- 15-64 anni.

Per ciascuna fascia d'età e per ciascuna regione appartenente all'area di studio, è stato calcolato il tasso di crescita della popolazione al 2032, successivamente applicato a ciascuna zona dell'area di studio in relazione alla regione di appartenenza, al fine di ottenere proiezioni della popolazione congruenti con la zonizzazione adottata.

L'output di tali elaborazioni è riportato nelle tabelle e nelle rappresentazioni seguenti.

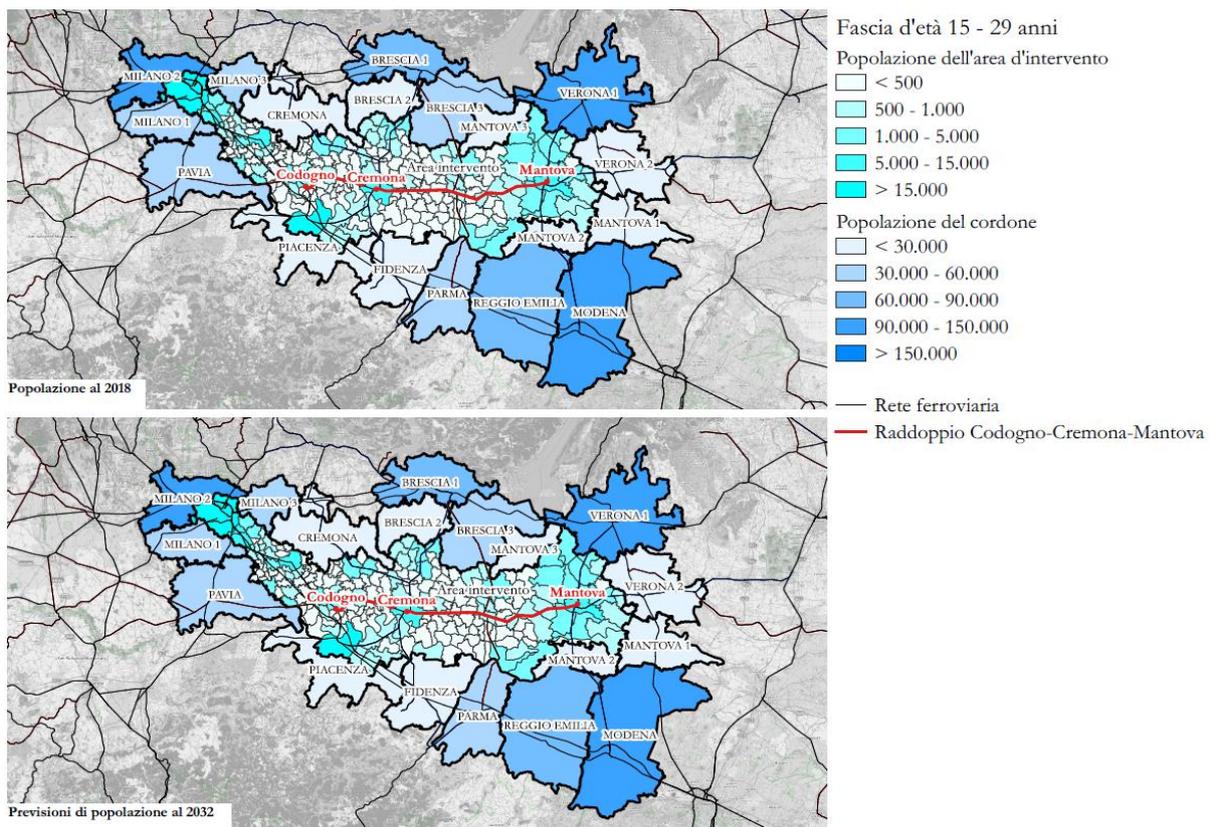


Figura 6-2: Previsioni di crescita della popolazione tra 15 e 29 anni

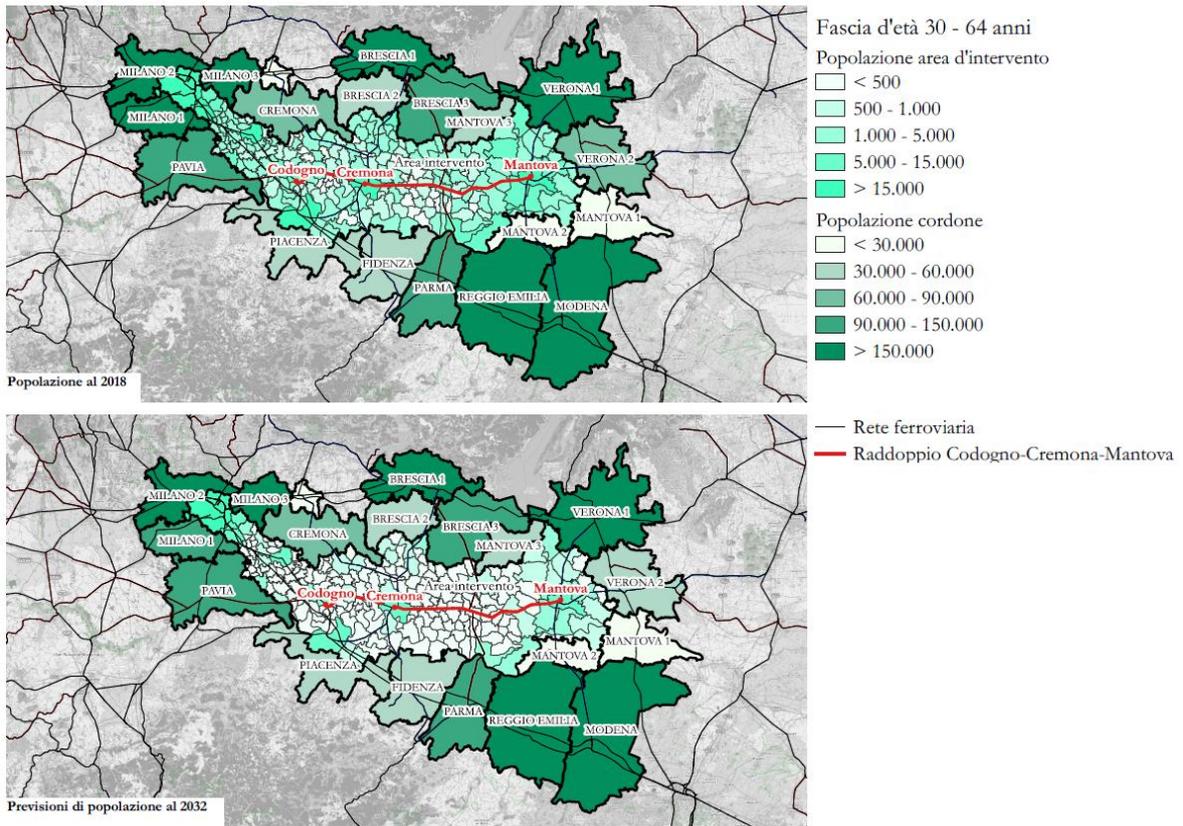


Figura 6-3: Previsioni di crescita della popolazione tra 30 e 64 anni

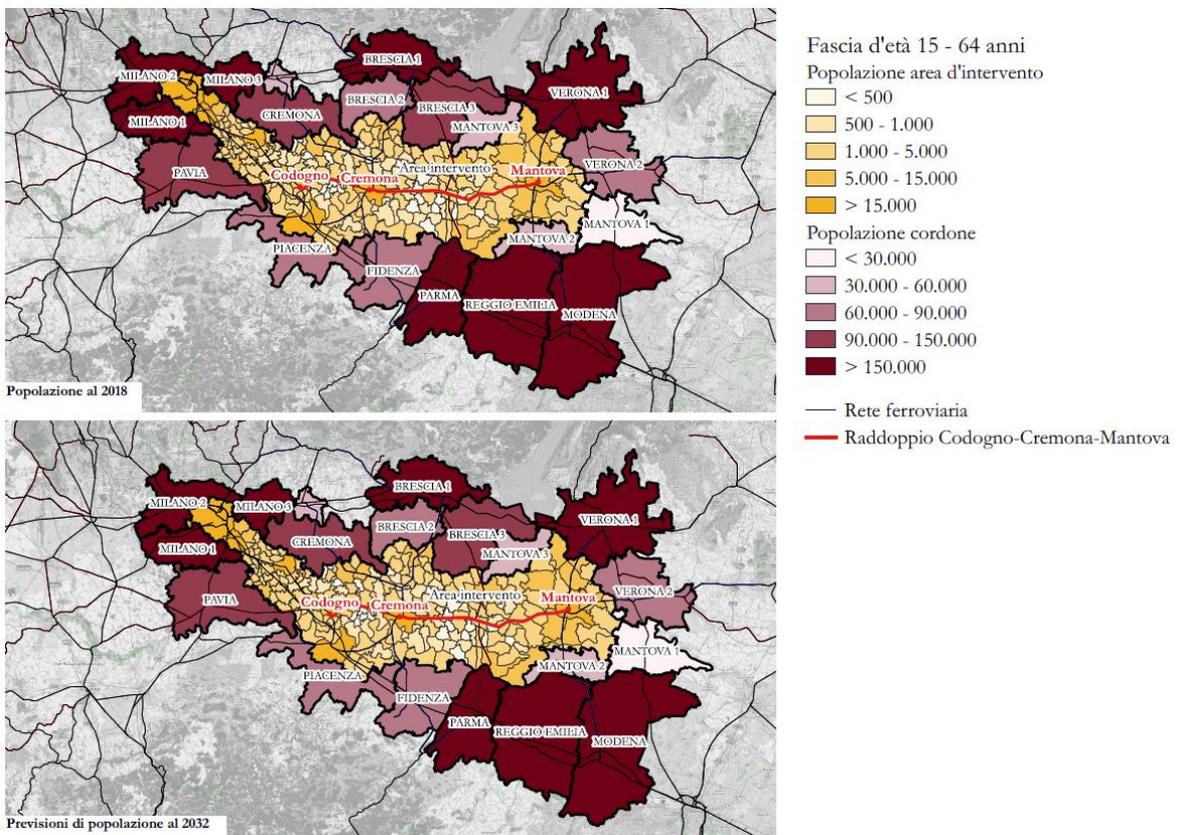


Figura 6-4 Previsioni di crescita della popolazione tra 15 e 64 anni

Tabella 6-1: Tasso di crescita della popolazione regionale all'anno 2032

Fascia di Età	Regione	Popolazione 2018	Popolazione 2032*	Tasso di crescita
15 - 29 anni	Lombardia	344.491	371.626	7,78%
	Veneto	748.572	811.528	3,66%
	Emilia Romagna	1.093.063	1.183.154	10,07%
30 - 64 anni	Lombardia	1.215.364	1.162.193	-4,37%
	Veneto	2.525.039	2.398.592	-8,73%
	Emilia Romagna	2.525.039	2.398.592	-6,04%
15 - 64 anni	Lombardia	1.559.855	1.533.938	-1,63%
	Veneto	3.273.611	3.216.475	-2,55%
	Emilia Romagna	3.273.611	3.216.475	-1,91%

* Scenario mediano

Tabella 6-2: Stima della popolazione anno 2032 - dati di sintesi

Fascia di Età	Zona	Popolazione 2018	Popolazione 2032
15 - 29 anni	Area di intervento	344.491	371.626
	Cordone	748.572	811.528
	Totale	1.093.063	1.183.154
30 - 64 anni	Area di intervento	1.215.364	1.162.193
	Cordone	2.525.039	2.398.592
	Totale	2.525.039	2.398.592
15 - 64 anni	Area di intervento	1.559.855	1.533.938
	Cordone	3.273.611	3.216.475
	Totale	3.273.611	3.216.475

Tabella 6-3: Stima della popolazione tra 15 e 29 anni - anno 2032

Zona	Regione	Popolazione 2018	Popolazione 2032
AREA D'INTERVENTO	Lombardia	319.407	344.270
AREA D'INTERVENTO	Veneto	3.934	4.078
AREA D'INTERVENTO	Emilia Romagna	21.150	23.279
BRESCIA 1	Lombardia	69.368	76.350
BRESCIA 2	Lombardia	17.306	18.653
BRESCIA 3	Lombardia	34.042	36.692
CREMONA	Lombardia	23.211	25.018
FIDENZA	Emilia Romagna	13.679	14.744
MANTOVA 1	Lombardia	5.684	6.256
MANTOVA 2	Lombardia	6.575	7.087
MANTOVA 3	Lombardia	9.406	10.138
MILANO 1	Lombardia	45.195	48.713
MILANO 2	Lombardia	128.021	137.986
MILANO 3	Lombardia	47.750	51.467
MODENA	Emilia Romagna	85.826	92.507
PARMA	Emilia Romagna	38.115	41.952
PAVIA	Lombardia	32.888	36.198
PIACENZA	Emilia Romagna	13.265	14.600
REGGIO EMILIA	Emilia Romagna	68.253	75.123
TREVIGLIO	Lombardia	8.656	9.527
VERONA 1	Veneto	84.300	90.862
VERONA 2	Veneto	17.032	17.655

Tabella 6-4: Stima della popolazione tra 30 e 64 anni - anno 2032

Zona	Regione	Popolazione 2018	Popolazione 2032
AREA D'INTERVENTO	Lombardia	1.130.695	1.081.290
AREA D'INTERVENTO	Veneto	13.915	14.424
AREA D'INTERVENTO	Emilia Romagna	70.754	66.479
BRESCIA 1	Lombardia	227.977	214.202
BRESCIA 2	Lombardia	58.493	55.937
BRESCIA 3	Lombardia	111.570	106.695
CREMONA	Lombardia	80.744	77.216
FIDENZA	Emilia Romagna	47.913	45.819
MANTOVA 1	Lombardia	22.465	21.108
MANTOVA 2	Lombardia	23.435	22.411
MANTOVA 3	Lombardia	31.584	30.204
MILANO 1	Lombardia	152.067	145.422
MILANO 2	Lombardia	417.782	399.527
MILANO 3	Lombardia	161.419	154.366
MODENA	Emilia Romagna	295.544	282.630
PARMA	Emilia Romagna	133.191	125.143
PAVIA	Lombardia	116.016	109.006
PIACENZA	Emilia Romagna	46.894	44.061
REGGIO EMILIA	Emilia Romagna	229.130	215.285

TREVIGLIO	Lombardia	29.737	27.940
VERONA 1	Veneto	278.405	266.240
VERONA 2	Veneto	60.673	55.378

Tabella 6-5: Stima della popolazione tra 15 e 64 anni - anno 2032

Zona	Regione	Popolazione 2018	Popolazione 2032
AREA D'INTERVENTO	Lombardia	1.450.102	1.426.400
AREA D'INTERVENTO	Veneto	17.849	17.393
AREA D'INTERVENTO	Emilia Romagna	91.904	90.145
BRESCIA 1	Lombardia	297.345	291.653
BRESCIA 2	Lombardia	75.799	74.560
BRESCIA 3	Lombardia	145.612	143.232
CREMONA	Lombardia	103.955	102.256
FIDENZA	Emilia Romagna	61.592	60.585
MANTOVA 1	Lombardia	28.149	27.610
MANTOVA 2	Lombardia	30.010	29.519
MANTOVA 3	Lombardia	40.990	40.320
MILANO 1	Lombardia	197.262	194.038
MILANO 2	Lombardia	545.803	536.882
MILANO 3	Lombardia	209.169	205.750
MODENA	Emilia Romagna	381.370	375.137
PARMA	Emilia Romagna	171.306	168.027
PAVIA	Lombardia	148.904	146.054
PIACENZA	Emilia Romagna	60.159	59.007
REGGIO EMILIA	Emilia Romagna	297.383	291.690
TREVIGLIO	Lombardia	38.393	37.658
VERONA 1	Veneto	362.705	356.777
VERONA 2	Veneto	77.705	75.721

6.3. I RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI TRAFFICO

Le simulazioni di traffico sono state svolte prendendo in considerazione i seguenti due scenari:

- uno scenario di “Non Progetto” (NP) in cui sono stati inseriti i servizi ferroviari previsti nell’accordo quadro del 2020 tra RFI e Regione Lombardia all’orizzonte temporale di attivazione del raddoppio in questione (2032) mantenendo sulla Codogno – Cremona – Mantova i servizi secondo l’attuale impostazione;
- uno scenario di progetto in cui è previsto il Regionale Veloce Milano – Mantova (RE11), il Regionale Pavia – Cremona (R39) ed il Regionale Cremona – Mantova (R40) secondo quanto previsto dal recente Accordo Quadro sottoscritto il 12 Marzo 2020 da RFI e Regione Lombardia.

Per i dettagli dei due scenari di progetto menzionati (fermate, tempi di percorrenza e frequenze) si rimanda al § 4.2.

Le simulazioni sono state eseguite nell’ambito di due ulteriori scenari che si distinguono dalla presenza o meno di condizionamenti alle abitudini di spostamento derivanti dalla crisi pandemica in atto alla stesura del presente studio. Questi scenari sono denominati “ordinari” e “post-Covid”.

6.3.1 GLI SCENARI ORDINARI

Nel prosieguo verranno analizzati i risultati delle simulazioni in termini di flussi giornalieri su ogni singola linea ferroviaria in termini differenziali fra lo scenario di Progetto e quello di Non Progetto. (vedi da **Errore. L'origine r**

iferimento non è stata trovata. a Figura 6-7) per poi svolgere un'analisi dei flussi cumulati su ogni singola tratta della Codogno – Cremona – Mantova (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Per quanto concerne il Regionale Express Milano – Mantova (RE11) è evidente come nello scenario di Progetto si registrino degli incrementi di carico piuttosto significativi lungo tutte le tratte presenti fra Codogno e Cremona, degli incrementi più contenuti fra Cremona e Piadena e degli incrementi minimi fra Piadena e Mantova. Tale incremento contenuto fra Piadena e Mantova è giustificato dal fatto che gli utenti che sono interessati alle relazioni da/per Milano per i bacini delle fermate/stazioni comprese tra Piadena e Mantova (escluse) devono effettuare interscambio a Cremona. Nello specifico fra Codogno e Cremona gli incrementi di carico rispetto allo scenario NP sono più che raddoppiati con un valore medio del 110% per poi scendere fra Cremona e Piadena al 70%. Tra Piadena e Mantova, invece, si registra un incremento medio del 12% ed un decremento del -2% fra Piadena e Bozzolo. La tratta in cui si registra il valore più alto di carico risulta essere la Ponte d'Adda - Cremona con più di 3'330 pax/gg per direzione, mentre la tratta con il valore più basso di carico è la Piadena – Mantova con circa 1'130 pax/gg per direzione.

Per quanto riguarda il Regionale Pavia – Cremona (R39) nello scenario di Progetto si registra un decremento di carico da Codogno a Cava Tigozzi ed un incremento di carico nella sola tratta da Cava Tigozzi a Cremona. Nello specifico si registra un decremento medio del 15% fino a Cava Tigozzi ed un incremento del 3% da Cava Tigozzi a Cremona. Ciò è giustificato dal fatto che gli utenti in partenza da Codogno sceglierebbero un servizio più veloce come il Regionale Express Milano – Mantova con conseguente decremento di carico del Regionale Codogno – Cremona (R39). L'unica tratta in cui risulta conveniente prendere l'R39 è la Cava Tigozzi – Cremona in cui si registra per l'appunto un incremento di carico. La tratta più carica risulterebbe essere la Cava Tigozzi - Cremona con un valore prossimo ai 700 pax/gg, mentre la tratta meno carica sarebbe la Maleo – Ponte d'Adda con circa 420 pax/gg.

Per quanto riguarda, infine, il Regionale Cremona – Mantova (R40) si registrano degli incrementi di carico lungo tutte le tratte intermedie comprese fra le stazioni di Cremona e Mantova ottenendo un valore medio del 73%. La tratta più carica risulterebbe essere la Cremona – Villetta Malagnino con un valore pari a circa 1'900 pax/gg, mentre la tratta meno carica sarebbe la Marcaria - Castellucchio con circa 770 pax/gg.

Per quanto concerne, infine, i flussi cumulati sulle tratte comprese fra Codogno e Mantova, si può notare come nello scenario di Progetto si registrino degli incrementi di carico lungo tutte le tratte intermedie ottenendo un valore medio del 56%. La tratta più carica risulterebbe essere la Cava Tigozzi – Cremona nella quale si ha un valore pari a 4'035 pax/gg, mentre la più scarica sarebbe la Marcaria – Castellucchio nella quale si registra un valore di circa 1'900 pax/gg.

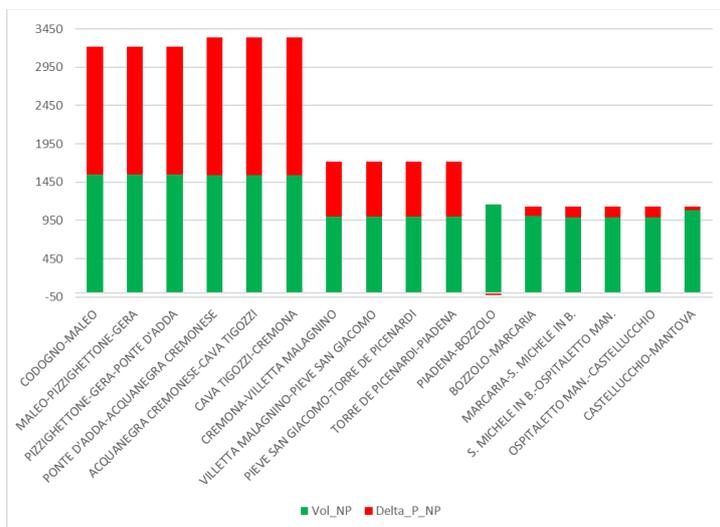


Figura 6-5: Carico giornaliero del treno regionale Milano – Mantova (RE11)

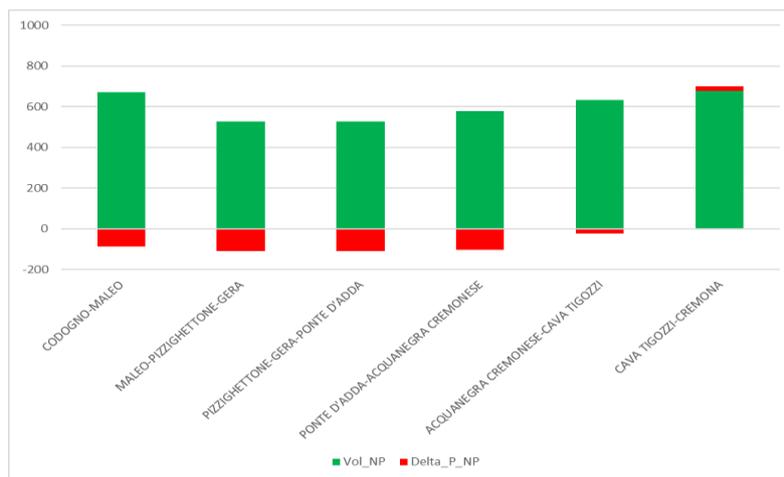


Figura 6-6: Carico giornaliero del treno regionale Pavia – Cremona (R39)

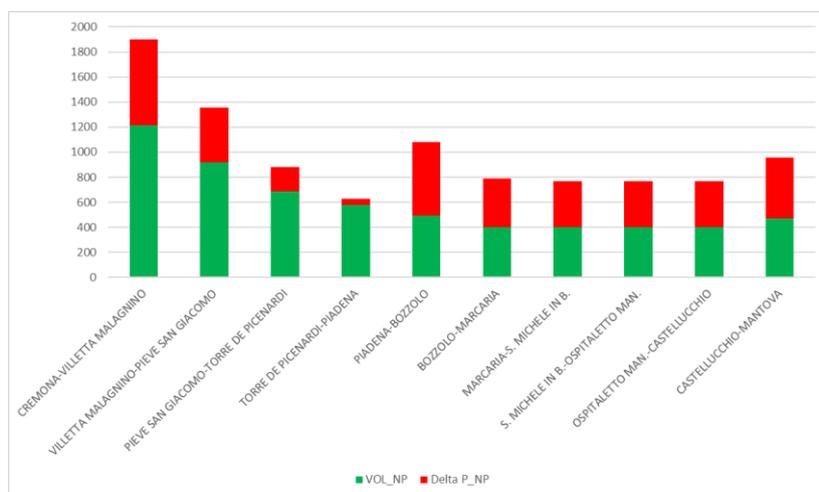


Figura 6-7: Carico giornaliero del treno regionale Cremona – Mantova (R40)

Le analisi di seguito esposte entrano invece nel merito di come cambia la ripartizione modale nell'area di intervento per i quattro motivi di spostamento in seguito alla realizzazione del progetto di raddoppio della Codogno – Cremona – Mantova. Nello specifico:

- per il motivo di spostamento lavoro (Figura 6-8), si registra un incremento dell'utilizzo della modalità di trasporto ferroviaria pari al 16.53% passando dal 7.69% dello scenario di Non Progetto all'8.96% dello scenario di Progetto;
- per il motivo di spostamento studio (Figura 6-9) si registra un incremento dell'utilizzo della modalità di trasporto ferroviaria pari all' 8.44% passando dal 15.13% dello scenario di Non Progetto al 16.4% dello scenario di Progetto;
- per gli spostamenti occasionali (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) si registra un incremento dell'utilizzo della modalità di trasporto ferroviaria pari al 16.52% passando dal 5.88% dello scenario di Non Progetto al 6.85% dello scenario di Progetto;
- per gli spostamenti per motivo affari infine (Figura 6-11) si registra un incremento dell'utilizzo della modalità di trasporto ferroviaria pari al 33.73% passando dall' 1.78% dello scenario di Non Progetto al 2.38% dello scenario di Progetto.

In generale (Figura 6-12) l'incremento della modalità ferroviaria è del 14.52% con una percentuale modale ferroviaria complessiva che tende al 9%.

Gli incrementi percentuali della modalità ferroviaria indicati sono "catturati":

- per i motivi lavoro, affari e occasionali prevalentemente dalla modalità stradale. Per questi motivi non si apprezzano infatti significative variazioni della modalità bus ed essendo buona parte della domanda di mobilità indirizzata a Milano, c'è una maggiore predisposizione all'utilizzo del trasporto ferroviario²²;
- per il motivo studio, caratterizzato da una quota del trasporto collettivo maggiormente significativa, prevalentemente dalla modalità di trasporto pubblico su gomma.

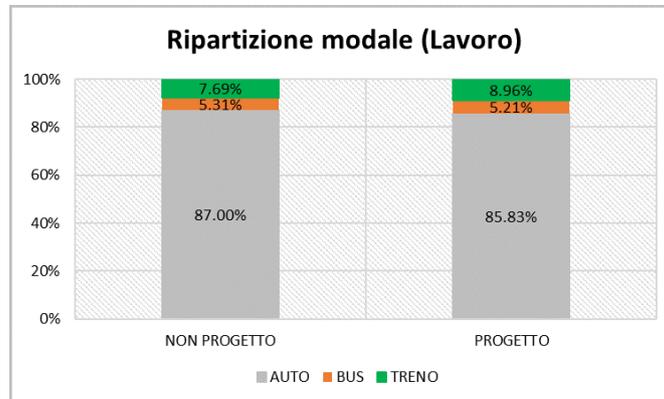


Figura 6-8: Ripartizione modale (lavoro)

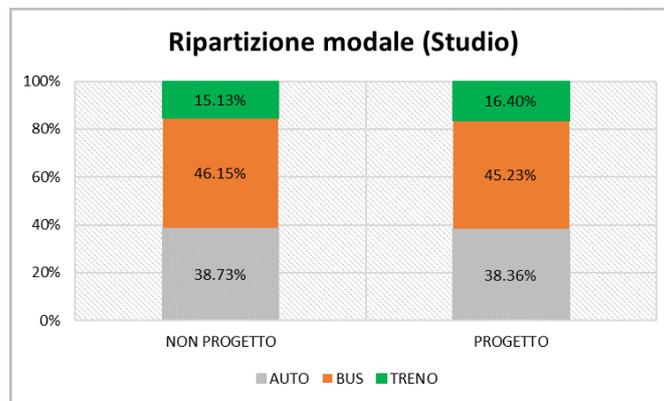


Figura 6-9: Ripartizione modale (studio)

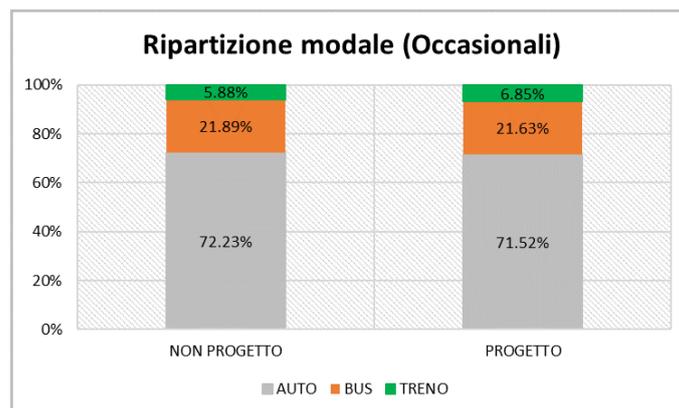


Figura 6-10 Ripartizione modale (occasionali)

²² Si osserva che il modello di scelta modale ha messo in risalto la significatività della variabile MILANO che assume il valore 1 quando la relazione O/D comprende una zona appartenente al comune di Milano. Il peso che assume questa variabile è sensibilmente più significativo per i motivi LAVORO e AFFARI.

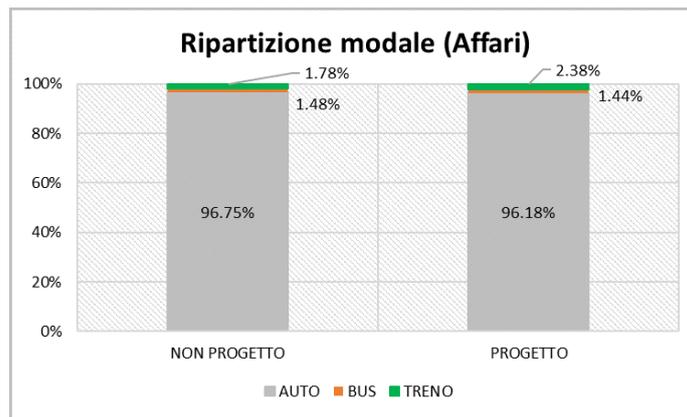


Figura 6-11: Ripartizione modale (affari)

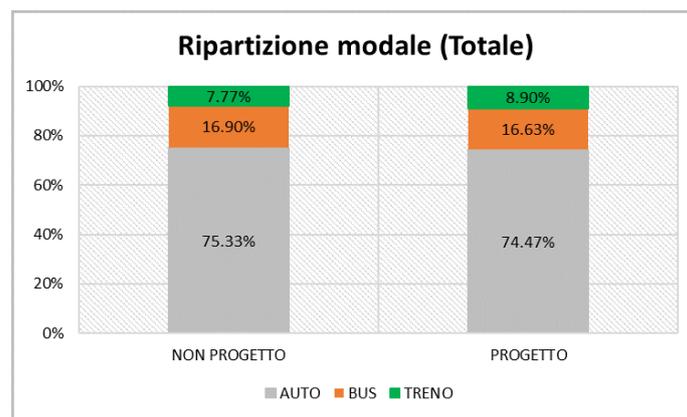


Figura 6-12: Ripartizione modale (totale motivi)

6.3.2 LO SCENARIO POST-COVID

Come anticipato, in questo studio si è ritenuto opportuno introdurre un ulteriore scenario che tenga conto degli effetti sulla mobilità indotti in qualche modo dall'esperienza maturata nel corso della crisi pandemica in atto al momento della stesura di questo studio.

Nelle condizioni emergenziali che si sono verificate a seguito della crisi, gran parte degli Stati mondiali, tra cui il nostro Paese, hanno adottato come soluzione principale per il contenimento del contagio il cosiddetto *lockdown*, ovvero la limitazione della circolazione delle persone salvo per motivi di lavoro, salute o di estrema urgenza; per limitare ulteriormente la contagiosità del virus, molte aziende hanno, per quanto possibile, favorito il cosiddetto "lavoro agile" con soglie che hanno superato il 75%.

Da osservare come stime dell'Osservatorio "Smart Working" della School of Management del Politecnico di Milano, eseguite nell'ambito di uno studio del 2019, già dimostravano come con questa modalità di lavoro la produttività si incrementi del 15% e l'assenteismo si riduca del 20%. Sempre secondo questo studio le aziende che hanno adottato questa modalità di lavoro avrebbero sperimentato:

- una migliore gestione degli spazi fisici delle sedi lavorative;
- un aumento della fiducia tra manager e i membri del *team*;
- miglioramenti della flessibilità del lavoro e conseguente aumento del benessere del dipendente che, risparmiando nei tempi degli spostamenti, ha una maggiore quantità di tempo libero;
- benefici all'*employer branding* in quanto un'azienda che offre una maggiore flessibilità di lavoro al dipendente risulta essere maggiormente attrattiva nella fase del processo di selezione del personale.

Di conseguenza è legittimo ipotizzare come il ricorso allo *smart working* possa incrementarsi in futuro, una volta usciti dalla situazione di attuale emergenza.

Il Rapporto Annuale 2020 redatto dall'ISTAT, con riferimento all'anno 2019, descrive la situazione di coloro che lavorano da casa come rappresentato in Tabella 6-6. Su 23'360'000 lavoratori in Italia, il 5.7% ha come luogo di lavoro l'ambiente domestico (tra principale – 0.8%, secondario – 2.7% e occasionale – 2.2%).

Tabella 6-6: Occupati di 15 anni e più che utilizzano la propria abitazione come luogo di lavoro nell'attività principale (ISTAT)

	<i>Casa come luogo Principale di lavoro</i>	<i>Casa come luogo secondario di lavoro</i>	<i>Casa come luogo occasionale di lavoro</i>	<i>Addetti (migliaia)</i>
STATUS PROFESSIONALE				
<i>Dipendenti a tempo indeterminato</i>	0.3%	2.1%	0.7%	14'984
<i>Dipendenti a termine</i>	0.1%	1.5%	0.7%	3'064
<i>Dependent contractors</i>	3.0%	6.9%	8.2%	495
<i>Coadiuvanti familiari</i>	1.5%	1.4%	2.9%	345
<i>Autonomi puri senza dipendenti</i>	3.7%	5.6%	8.3%	3'078
<i>Datori di lavoro</i>	0.4%	4.0%	6.4%	1'394
REGIME ORARIO				
<i>Tempo pieno</i>	0.7%	2.9%	2.5%	18'922
<i>Part time</i>	1.3%	1.8%	1.3%	4'438
Totale	0.8%	2.7%	2.2%	23'360

Questo valore ha subito un netto aumento nei mesi di marzo e aprile 2020 a causa della crisi pandemica (Figura 6-13). I lavoratori che si sono valse dello *smart working* nei due mesi citati sono stati rispettivamente il 12.6% e il 18.5%.

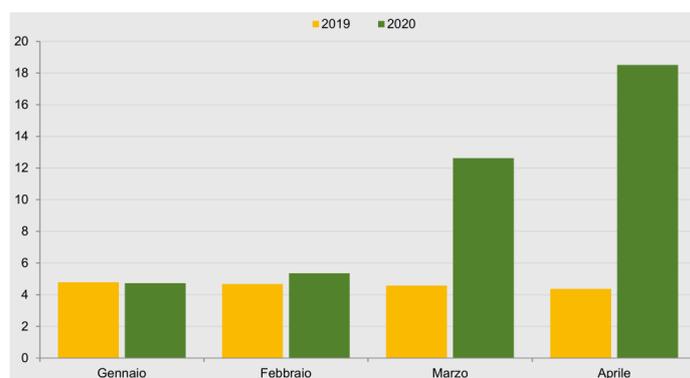


Figura 6-13: Occupati che hanno svolto ore di lavoro a casa nel I quadrimestre 2020 (ISTAT)

L'ISTAT ha quindi svolto previsioni future per verificare la risonanza che il fenomeno potrebbe effettivamente assumere, conducendo una valutazione sul grado di "fattibilità da remoto" delle varie professioni e stimando il numero di occupati che potenzialmente potrebbero svolgere il loro lavoro da casa (Tabella 6-7). Da tale analisi ne risulta che in futuro il 35.7% (pari a 8.2 mln di addetti) potrebbe lavorare da casa. Di particolare interesse per questo studio è la stima su base geografica secondo cui il 37% dei lavoratori afferenti alla zona del Centro-Nord potrebbe beneficiare dello *smart working*.

Tabella 6-7: Quote di lavoro che potrebbero essere svolte da remoto per categoria (ISTAT)

	CATEGORIA	QUOTA
<i>Genere</i>	uomini	33.4%
	donne	37.9%
<i>Classe di età</i>	+50 anni	37.6%
	giovani	29.5%
<i>Livello istruzione</i>	Laurea	64.2%
	Diploma	37.4%
	Licenza media	9.4%
<i>Settori lavorativi</i>	Informazione e comunicazione	89.9%
	Attività finanziarie e assicurative	82.6%
	Sevizi alle imprese	60.3%
	Amministrazione Pubblica	56.5%
<i>Zona di appartenenza</i>	Centro - Nord	37.0%
	Mezzogiorno	28.8%
<i>Stima generale</i>		35.7%

Stante le citate considerazioni, ai fini del presente studio si assumerà valida l'ipotesi secondo cui il valore degli spostamenti stimati da modello per il motivo LAVORO sia ridotto di una percentuale pari al 37%.

Come già fatto in precedenza, anche per questo scenario verranno anzitutto rappresentati i risultati delle simulazioni in termini di flussi giornalieri su ogni singola linea ferroviaria in termini differenziali fra lo scenario di progetto e quello NP (vedi da Figura 6-14 a **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) per poi illustrare i flussi cumulati su ogni singola tratta della Codogno – Cremona – Mantova (vedi Figura 6-17).

L'andamento dei flussi sui tre servizi ferroviari che interessano la linea in analisi (RE11, R39 e R40) non può che essere analogo a quello già analizzato nello scenario precedente; ciò che cambia è ovviamente il livello di carico che è conseguente alla riduzione della componente di domanda che maggiormente incide sui flussi di traffico, quale quella riferita ai motivi di LAVORO.

Per quanto concerne il Regionale Express Milano – Mantova (RE11) è evidente come nello scenario di Progetto si registrino degli incrementi di carico piuttosto significativi lungo tutte le tratte presenti fra Codogno e Cremona, degli incrementi più contenuti fra Cremona e Piadena e degli incrementi minimi fra Piadena e Mantova. Tale incremento contenuto fra Piadena e Mantova è giustificato dal fatto che gli utenti che sono interessati alle relazioni da/per Milano per i bacini delle fermate/stazioni comprese tra Piadena e Mantova (escluse) devono effettuare interscambio a Cremona. Nello specifico fra Codogno e Cremona gli incrementi di carico rispetto allo scenario NP sono dell'ordine del 106% per poi scendere fra Cremona e Piadena al 67%. Tra Piadena e Mantova, invece, si registra un incremento medio del 9% ed un decremento del -5% fra Piadena e Bozzolo. La tratta in cui si registra il valore più alto di carico risulta essere la Ponte d'Adda - Cremona con più di 2'820 pax/gg per direzione, mentre la tratta con il valore più basso di carico è la Piadena – Mantova con circa 978 pax/gg per direzione.

Per quanto riguarda il Regionale Pavia – Cremona (R39) nello scenario di Progetto si registra un decremento di carico da Codogno a Cava Tigozzi ed un incremento di carico nella sola tratta da Cava Tigozzi a Cremona. Nello specifico si registra un decremento medio del 14% fino a Cava Tigozzi ed un incremento del 3.5% da Cava Tigozzi a Cremona. Ciò è giustificato dal fatto che gli utenti in partenza da Codogno sceglierebbero un servizio più veloce come il Regionale Express Milano – Mantova con conseguente decremento di carico del Regionale Codogno – Cremona (R39). L'unica tratta in cui risulta conveniente prendere l'R39 è la Cava Tigozzi – Cremona in cui si registra per l'appunto un incremento di carico. La tratta più carica risulterebbe essere la Cava Tigozzi - Cremona con un valore prossimo ai 620 pax/gg, mentre la tratta meno carica sarebbe la Maleo – Ponte d'Adda con circa 380 pax/gg.

Per quanto riguarda, infine, il Regionale Cremona – Mantova (R40) si registrano degli incrementi di carico lungo tutte le tratte intermedie comprese fra le stazioni di Cremona e Mantova ottenendo un valore medio del 72%. La tratta più carica risulterebbe essere la Cremona – Villetta Malagnino con un valore pari a circa 1'640 pax/gg, mentre la tratta meno carica sarebbe la Marcaria - Castellucchio con circa 705 pax/gg.

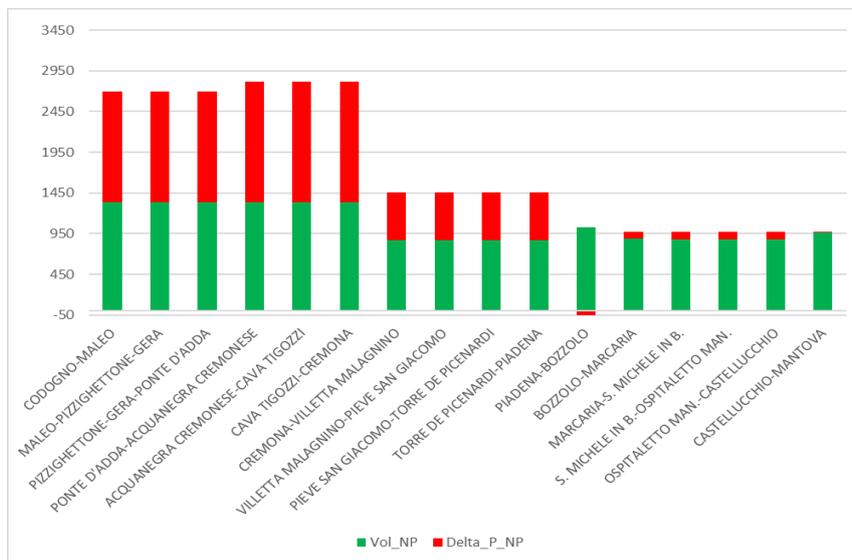


Figura 6-14: Carico giornaliero del treno regionale Milano – Mantova (RE11) – Scenario Post Covid

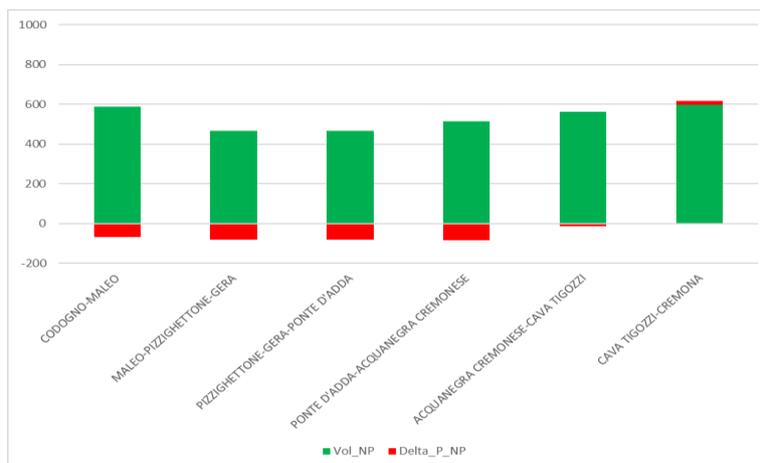


Figura 6-15: Carico giornaliero del treno regionale Pavia – Cremona (R39) – Scenario Post Covid

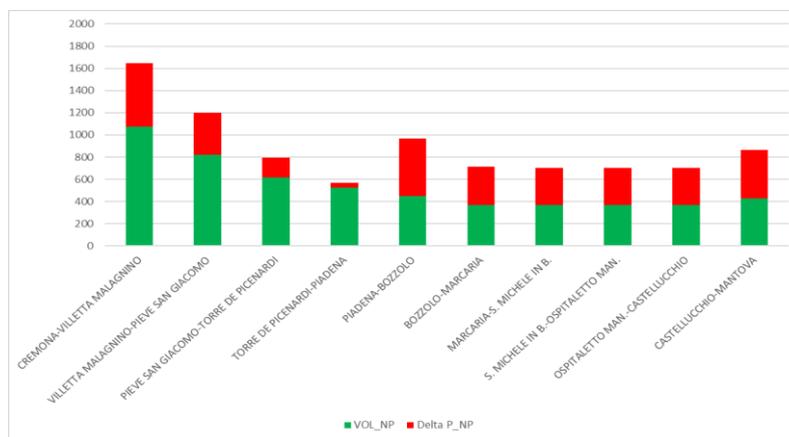


Figura 6-16: Carico giornaliero del treno regionale Cremona – Mantova (R40) – Scenario Post Covid

Anche per quanto concerne i flussi cumulati sulle tratte comprese fra Codogno e Mantova l'andamento che si osserva è del tutto analogo a quello già analizzato nello scenario precedente. In questo caso è utile rappresentare l'entità della riduzione del flusso complessivo su ciascun arco nello scenario Post Covid, entità mostrata nella Figura 6-17, da cui si osserva come mediamente la "perdita" di carico che si registra sulle diverse tratte prodotta dallo *smart working* risulterebbe pari al 16% con valori più elevati da Codogno a Cremona (circa 18%) e più modesti da Cremona a Mantova (circa 14%).

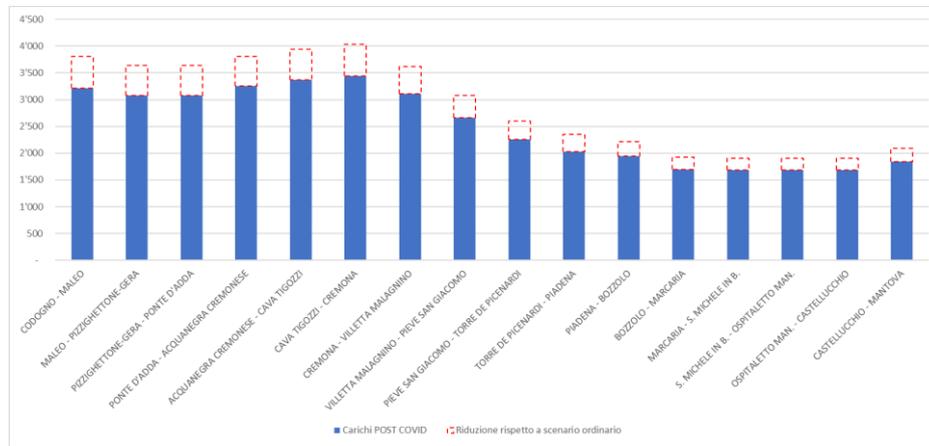


Figura 6-17: Flussi cumulati sulle singole tratte nello scenario post-Covid

6.4. GLI INDICATORI FINALIZZATI ALL'ANALISI DI REDDITIVITÀ DEGLI INVESTIMENTI

L'apparato modellistico messo a punto per la valutazione degli effetti prodotti dall'investimento in analisi sul traffico regionale ha altresì consentito di valutare una serie di indicatori utilizzati, nello specifico, nella analisi di redditività dell'investimento in esame, analisi non oggetto del presente documento.

Più in particolare, sono stati utilizzati i seguenti elementi provenienti dalla applicazione dell'intera catena modellistica in ciascuno scenario analizzato (Non Progetto - NP e Progetto - P):

$d_{od, strada}^{P,a}, d_{od, strada}^{NP,a}$ valore della domanda sulla coppia di zone *od* su modo stradale, espressa in numero di passeggeri giornalieri, negli scenari NP e P e all'anno *a*

$\bar{d}_{od, strada}^{P,a}, \bar{d}_{od, strada}^{NP,a}$ valore della domanda sulla coppia di zone *od* su modo stradale, espressa in numero di veicoli giornalieri, negli scenari NP e P e all'anno *a*

$d_{od, bus}^{P,a}, d_{od, bus}^{NP,a}$ valore della domanda sulla coppia di zone *od* su modo bus, espressa in numero di passeggeri giornalieri, negli scenari NP e P e all'anno *a*

$T_{od, strada}^{P,a}, T_{od, strada}^{NP,a}$ valore del tempo di percorrenza per la coppia di zone *od* su strada, espressa in numero di ore, negli scenari NP e P e all'anno *a*

$D_{od, strada}$ valore della distanza su rete stradale per la coppia di zone *od*

D_l lunghezza del singolo arco *l* della rete stradale

$NT_r^{s,a}$ numero di treni giornalieri circolanti sulla singola relazione *r* nello scenario *s* (P, NP) nell'anno *a*

$D_r^{s,a}$ distanza su rete ferroviaria della relazione *r* nello scenario *s* (P, NP) nell'anno *a*

$f_l^{s,a}$ flusso passeggeri su ciascun arco *l* della rete ferroviaria nello scenario *s* (P, NP) nell'anno *a*

$t_l^{s,a}$ tempo di percorrenza dei servizi ferroviari su ciascun arco *l* della rete ferroviaria nello scenario *s* (P, NP) nell'anno *a*

Il seguente schema espone, per ciascun indicatore considerato, il criterio con cui lo stesso è stato valutato attraverso i risultati del sistema dei modelli. Gli indicatori sono originariamente determinati con riferimento ad un giorno medio annuo e riportati all'intero anno considerando un numero di giorni annuo pari a 300.

Indicatori riferiti alla modalità stradale		
Pax-h	sommatoria, per ciascuna coppia O/D, dei prodotti tra la differenza dei tempi di percorrenza su strada (Progetto - Non Progetto) sulla coppia O/D e la relativa componente di domanda stradale (espressa in numero di passeggeri) nella situazione di progetto (utenti conservati)	$\sum_{\forall od} (T_{od, strada}^{P,a} - T_{od, strada}^{NP,a}) d_{od, strada}^{P,a}$
Veicoli.km	sommatoria, per ciascuna coppia O/D, dei prodotti tra la differenza (progetto - non progetto) dei flussi di domanda (espressi in numero di veicoli) sulla coppia O/D per la relativa distanza su rete stradale	$\sum_{\forall od} (\bar{d}_{od, strada}^{P,a} - \bar{d}_{od, strada}^{NP,a}) D_{od, strada}$
Indicatori riferiti alla modalità ferroviaria		
Treni.km	differenza del numero dei treni-km associati agli scenari di progetto e non progetto. Per ciascuno scenario il numero di treni-km è valutato sulla base delle ipotesi di esercizio considerate, attraverso la somma dei prodotti del numero di treni su ciascuna relazione e la distanza della relazione stessa	$\sum_{\forall r} NT_r^{P,a} D_r^{P,a} - \sum_{\forall r} NT_r^{NP,a} D_r^{NP,a}$
Passeggeri.h (conservati)	sommatoria dei prodotti tra i flussi sugli archi della rete ferroviaria nella situazione di non progetto per la differenza dei tempi di percorrenza (non progetto - progetto)	$\sum_{\forall l} (t_l^{NP,a} - t_l^{P,a}) f_l^{NP,a}$
Passeggeri.h (incrementali)	sommatoria dei prodotti tra la differenza dei flussi sugli archi della rete ferroviaria (progetto - non progetto) per la differenza dei tempi di percorrenza (non progetto - progetto)	$\sum_{\forall l} (f_l^{P,a} - f_l^{NP,a}) (t_l^{NP,a} - t_l^{P,a})$

La seguente tabella espone infine il valore degli indicatori riferiti all'anno.

Tabella 6-8: valore degli indicatori necessari allo sviluppo dell'ACB dell'intervento (anno 2032)

		SCENARIO_PRE_COVID	SCENARIO_POST_COVID
stradale	<i>pax-h</i>	-556.822	-491.077
	<i>veic-km</i>	-81.725.963	-61.002.393
ferroviaria	<i>treni-km</i>	742.008	742.008
	<i>pax-h conservati</i>	1.507.202	1.313.347
	<i>pax-h incrementali</i>	952.904	787.790
bus	<i>bus-km</i>	-119.640	-119.640

7. ANALISI DELLA CAPACITÀ RESIDUA MERCI A SEGUITO DEL POTENZIAMENTO DEL TRASPORTO PASSEGGERI REGIONALE

Dal momento che uno degli obiettivi che ci si è preposti per la linea Codogno - Cremona - Mantova è il potenziamento dei servizi passeggeri e visto che la linea nelle condizioni attuali risulta già satura, si costruisce ora un modello di esercizio che dia priorità al servizio passeggeri regionale e destini l'eventuale capacità residua a tracce merci o tracce per invio materiale.

Il progetto dell'orario avviene secondo l'approccio di servizi cadenzati, basati su griglia di cadenzamento rigorosa: ciò permette di ottenere un'offerta costante durante l'intera giornata, con un'impostazione di tipo "memorario", ossia facilmente memorizzabile dagli utenti, che non insegue la domanda principalmente nelle fasce di punta ma garantisce una copertura temporale omogenea, migliorando la qualità del servizio, in particolare in termini di attrattività.

Nel *Capitolo 4* si è presentato il futuro assetto dei servizi passeggeri regionali, secondo quanto previsto nello scenario di regime dell'Accordo Quadro sottoscritto da RFI e Regione Lombardia. Il modello di esercizio prevede lo schema dei servizi passeggeri regionali descritto in Tabella 7-1. Esso consiste in un aumento delle attuali corse dei servizi RE11, R39 e R40, al fine di ottenere per ciascuno un cadenzamento orario, ma anche una modifica alle corse RE11, eliminando tutte le fermate intermedie tra Piadena e Mantova: esse vengono servite dalle coppie R40 che effettuano servizio da Cremona a Mantova. In questo modello di esercizio si ipotizza pertanto che l'intera offerta di trasporto pubblico sul corridoio Codogno - Cremona - Mantova venga effettuata con corse ferroviarie, non prevedendo alcun servizio bus sostitutivo o integrativo. Per semplicità vengono riportate le informazioni sulle corse dispari, dal momento che l'orario è stato costruito secondo criteri di simmetria e pertanto le corse pari seguono i medesimi schemi di frequenza e fermate.

Tabella 7-1: servizi passeggeri regionali nel modello di esercizio cadenzato

Servizio	Frequenza	Origine	Destinazione	Fermate intermedie
RE11	60'	Milano Centrale	Mantova	Milano Lambrate Milano Rogoredo Lodi Codogno Ponte d'Adda Cremona Piadena
R39	60'	Pavia	Cremona	Pavia Porta Garibaldi Motta San Damiano Albuzzano Belgioioso Corteolona Santa Cristina e Bissone Miradolo Terme Chignolo Po Lambrinia Orio Litta Ospedaletto Lodigiano Maleo Pizzighettone Ponte d'Adda Acquanegra Cremonese Cava Tigozzi
R40	120'	Cremona	Mantova	Villetta Malagnino Gazzo - Pieve San Giacomo Torre de' Picenardi Piadena Bozzolo Marcaria Castellucchio

In totale, al giorno, si contano 17 coppie di treni RE11 Milano Centrale - Mantova (più 1 coppia al primo mattino/tarda sera da Milano Centrale a Cremona), 16 coppie di treni R39 e 8 coppie di treni R40.

Si sono costruiti dunque due modelli di esercizio, basati sulla stessa impostazione dei servizi passeggeri: il primo per lo scenario infrastrutturale attuale e il secondo per lo scenario infrastrutturale che prevede il raddoppio integrale della linea Codogno - Cremona - Mantova. Per ciascuno di essi si è valutata la capacità residua dell'infrastruttura da dedicare all'inserimento delle tracce merci.

7.1. SCENARIO INFRASTRUTTURALE ATTUALE

L'orario grafico, costruito sull'infrastruttura attuale, è riportato in Figura 7-1 e in

Figura 7-2. Tale servizio passeggeri è dedicato ai giorni feriali, pertanto bisogna tener conto delle Interruzioni Programmate d'Orario, che essendo presenti nelle notti tra giovedì e venerdì, tra venerdì e sabato, e tra sabato e domenica, riducono la fascia di disponibilità dell'infrastruttura di 4 ore.

Si può osservare come, una volta realizzato l'orario cadenzato delle corse regionali, sia possibile inserire un numero esiguo tracce orario da dedicare ai treni merci, addirittura neppure sufficiente a garantire la richiesta di tracce attuale. La sintesi delle tracce inseribili, riferite ad entrambe le direzioni, fino a esaurimento della capacità residua, è riportata in Tabella 7-2.

Tabella 7-2: Capacità commerciale della linea con lo scenario infrastrutturale attuale

Tracce orario al giorno (con IPO di 4 ore notturna)			
	Codogno - Cremona	Cremona - Piadena	Piadena - Mantova
Treni regionali	68	50	50
Treni merci	9	26	26
<i>TRAFFICO COMPLESSIVO</i>	77	76	76

I valori ottenuti con la costruzione dell'orario grafico risultano essere leggermente inferiori al valore di capacità teorica della linea, stimato pari a 80 treni/giorno per l'intero percorso da Codogno a Mantova, dal momento che si è adottato un modello di esercizio con cadenzamento rigoroso per le tracce dei treni del servizio regionale, che prevede quindi un maggior numero di vincoli rispetto ad un orario costituito da tracce tutte indipendenti fra loro.

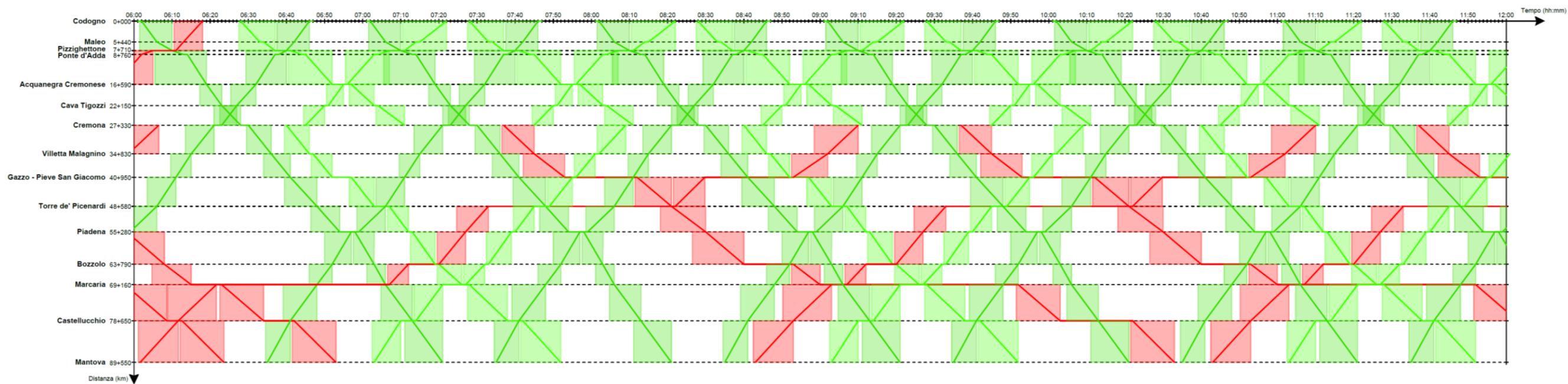
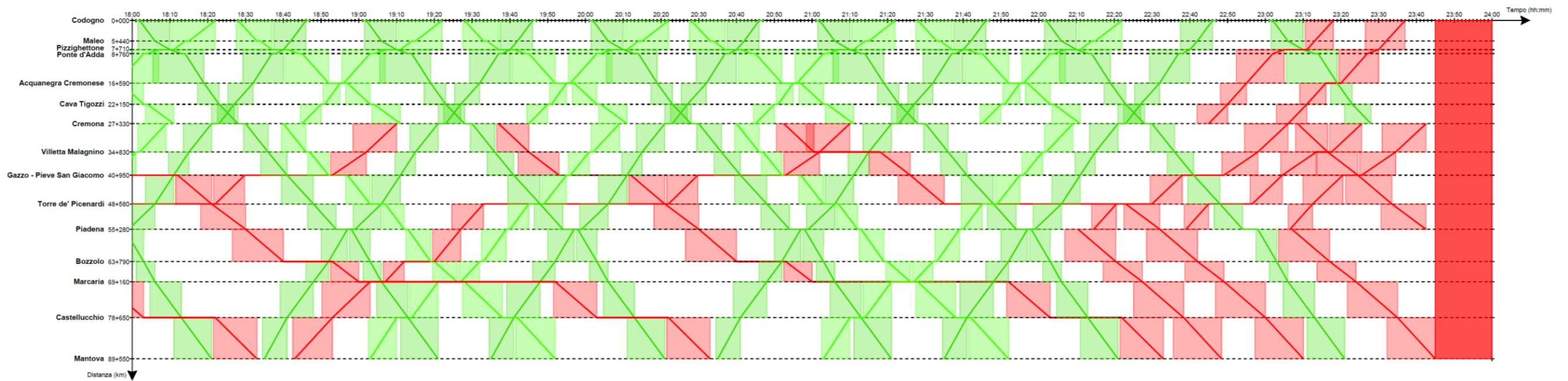
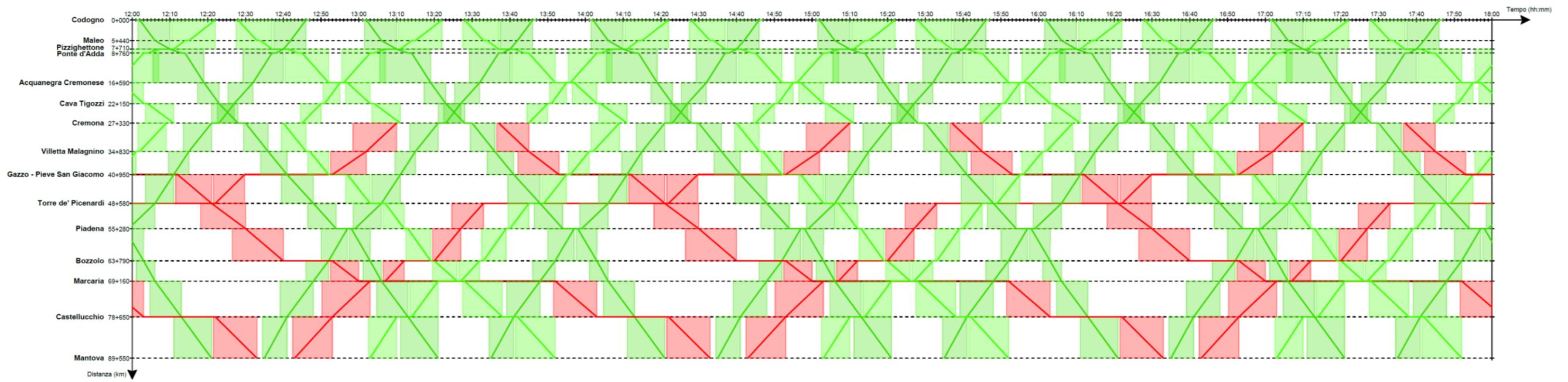


Figura 7-1: saturazione dell'orario cadenzato con tracce merci su scenario infrastrutturale attuale (fascia oraria 00-12)



Legenda tracce orario

- Regio Express (RE11)
- Regionale (R39, R40)
- Mercè

Figura 7-2: saturazione dell'orario cadenzato con tracce mercè su scenario infrastrutturale attuale (fascia oraria 12-24)

7.2. SCENARIO INFRASTRUTTURALE DI RADDOPPIO

L'orario grafico costruito sull'infrastruttura interamente raddoppiata e con le caratteristiche definite dagli elaborati di progettazione definitiva, è riportato nelle Figure 7.3, 7.4, 7.5 e 7.6. Il servizio passeggeri pianificato è dedicato ai giorni feriali. Per quanto riguarda le Interruzioni Programmate d'Orario, si pianifica la loro presenza tutti le notti della settimana, come è usuale per le linee che non presentano particolari problemi di capacità, per un'estensione temporale di 4 ore, nella fascia 23:45 - 03:45.

Si può osservare come, una volta realizzato l'orario cadenzato delle corse regionali, sia possibile inserire un gran numero di tracce orario da dedicare ai treni merci (o in caso di necessità, ad invii materiale). La sintesi delle tracce inseribili, riferite ad entrambe le direzioni, fino a esaurimento della capacità residua, è riportata in Tabella 7-3.

Tabella 7-3: Capacità commerciale della linea dopo gli interventi di raddoppio

Tracce orario al giorno (con IPO di 4 ore notturna)			
	Codogno - Cremona	Cremona - Piacenza	Piacenza - Mantova
Treni regionali	68	50	50
Treni merci	134	232	232
<i>TRAFFICO COMPLESSIVO</i>	202	282	282

I valori ottenuti con la costruzione dell'orario grafico risultano essere correttamente inferiori ai valori di capacità teorica della linea, stimati in fase di progettazione pari a 243 treni/giorno per la tratta Codogno - Cremona e 320 treni treni/giorno per la tratta Cremona - Piacenza - Mantova, dal momento che si è adottato un modello di esercizio eterotachico con tracce merci e due tipologie di tracce orario per i treni regionali (espresso e locali), nonché basato su griglie di cadenzamento rigide per i servizi passeggeri: eterotachicità e vuoti tecnici da cadenzamento erodono una parte della capacità teorica.

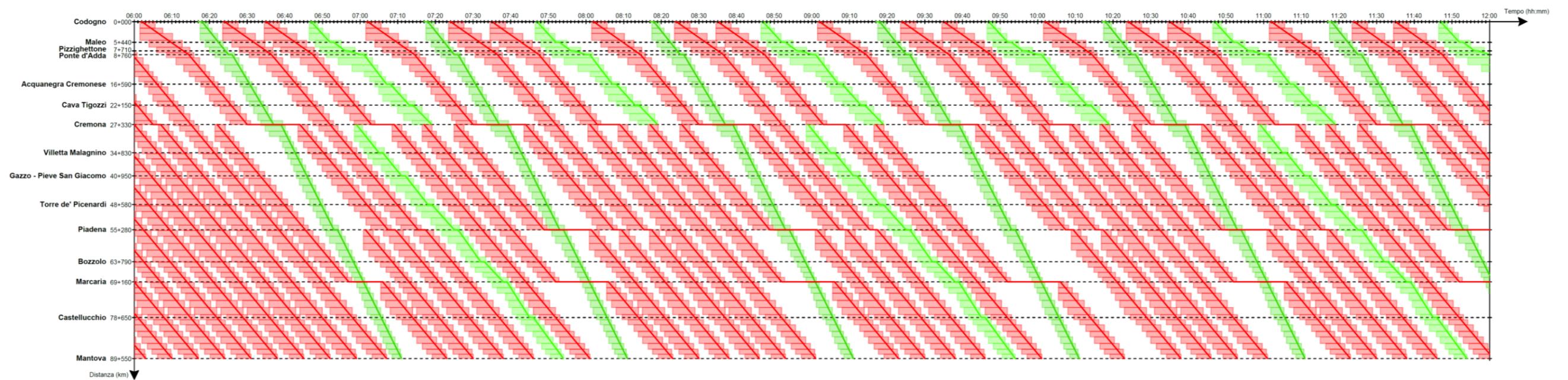
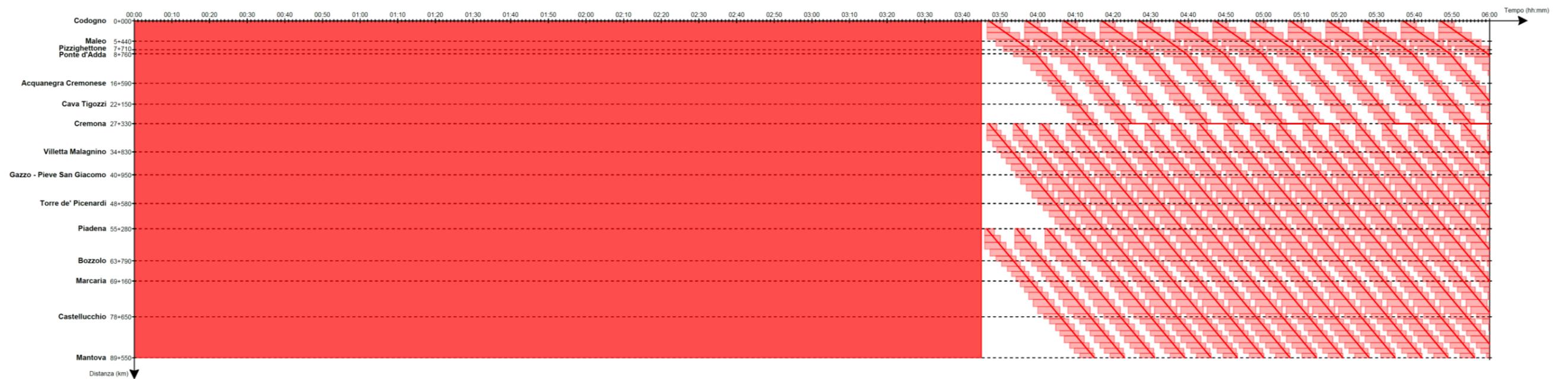


Figura 7-3: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse dispari, fascia oraria 00-12)

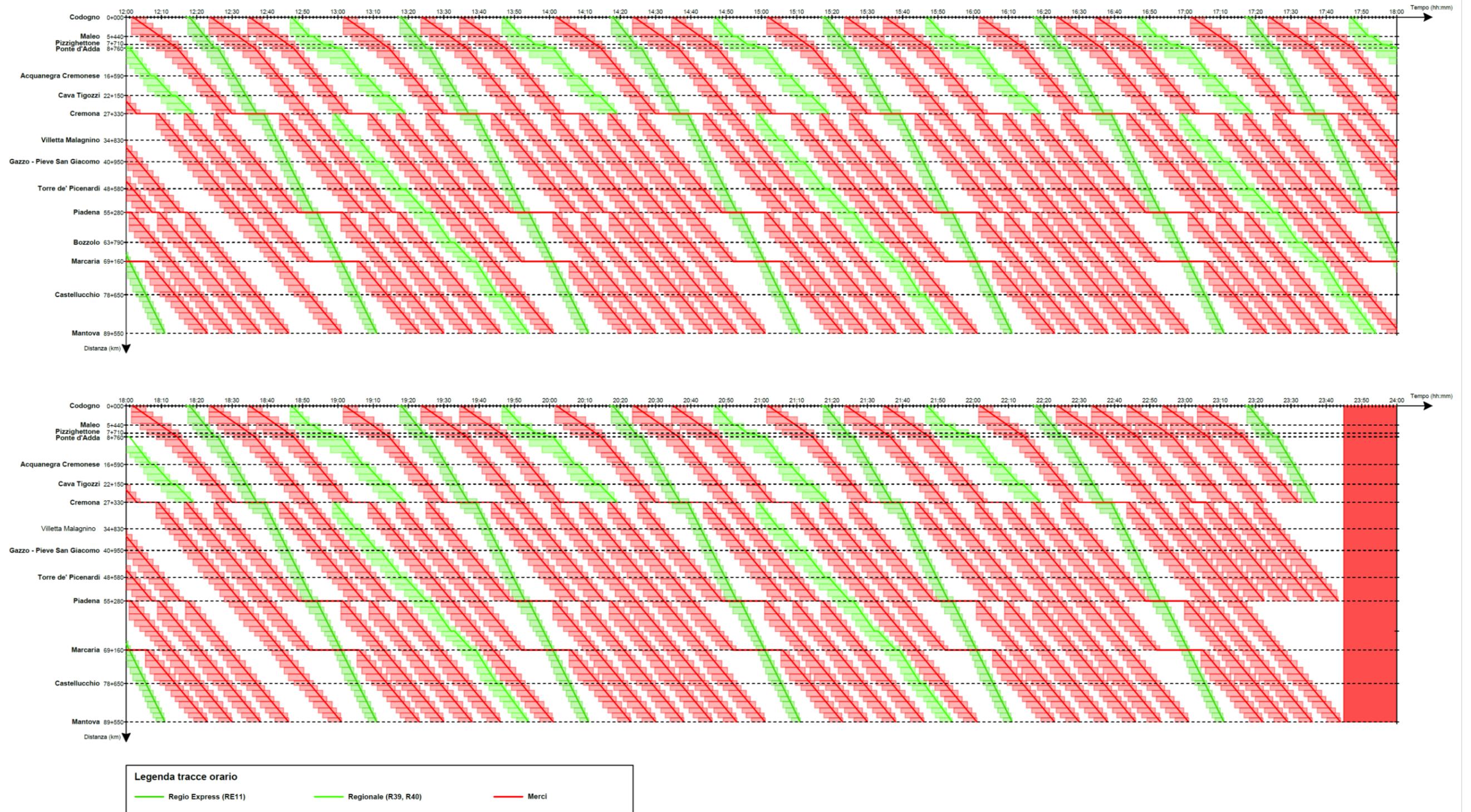
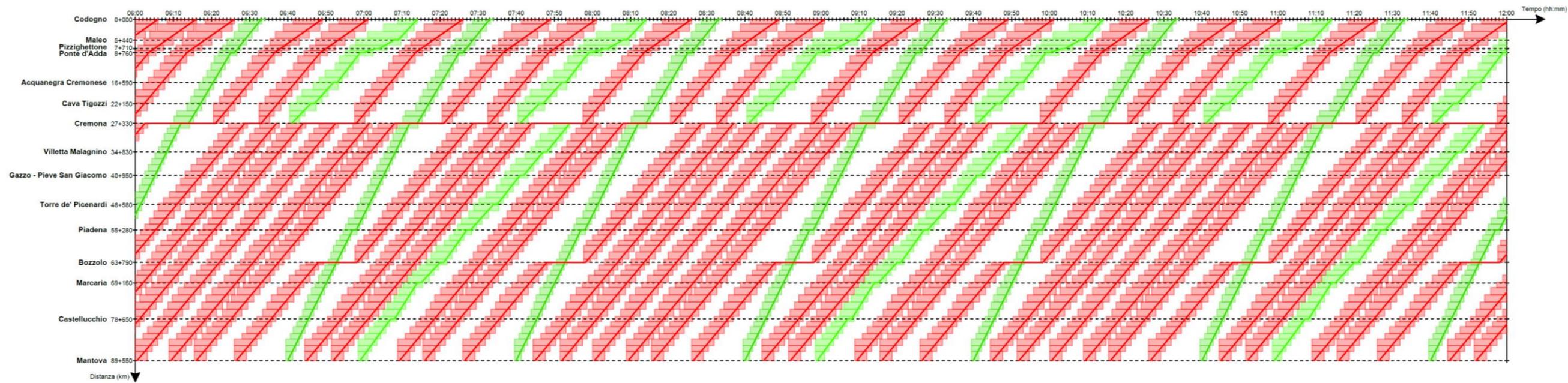


Figura 7-4: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse dispari, fascia oraria 12-24)



Legenda tracce orario

— Regio Express (RE11) — Regionale (R39, R40) — Mercati

Figura 7-5: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse pari, fascia oraria 00-12)

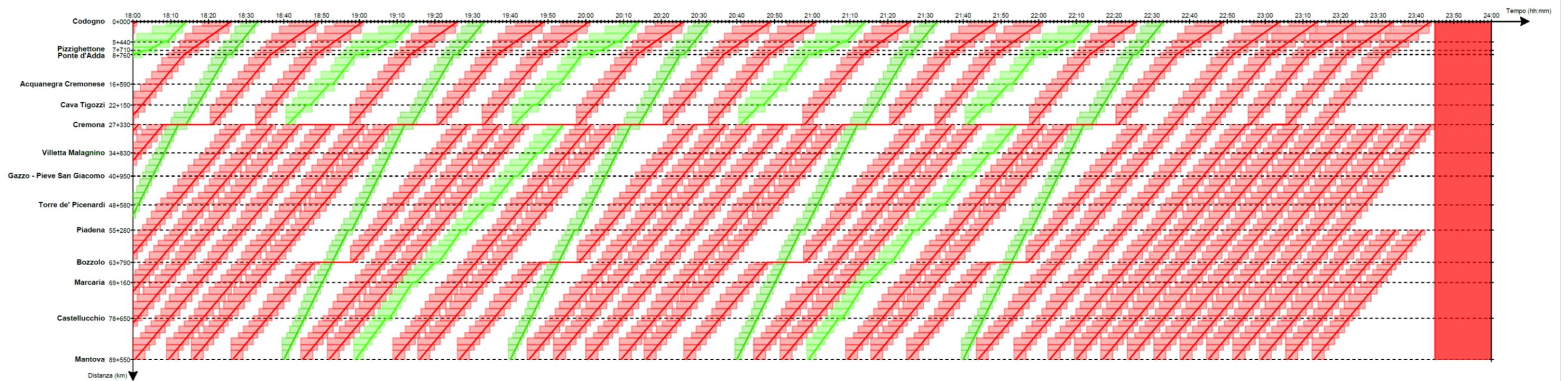
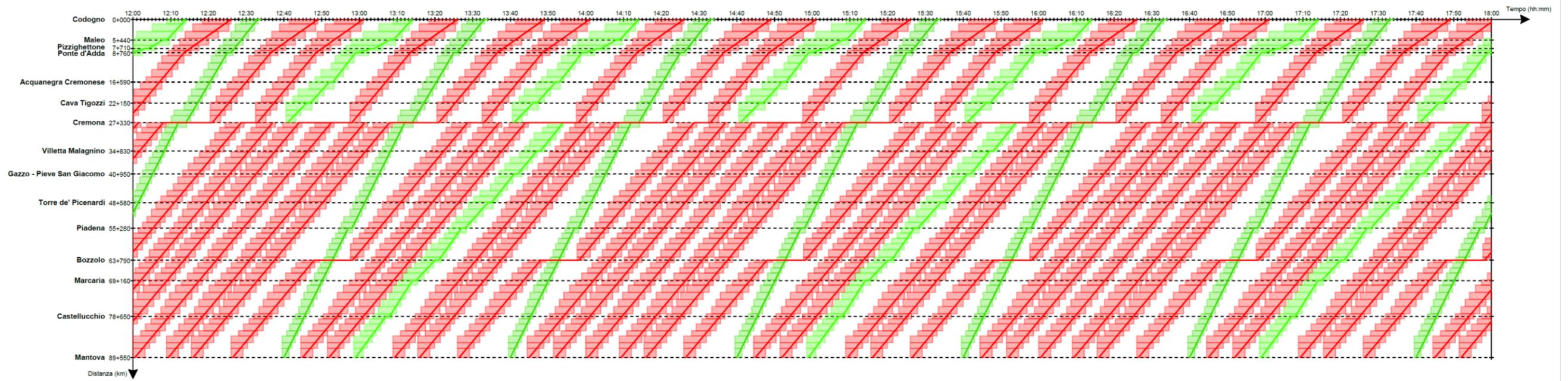


Figura 7-6: Orario grafico del modello di esercizio per lo scenario di raddoppio (corse pari, fascia oraria 12-24)

8. PRINCIPALI CONCLUSIONI

La linea in argomento è attualmente utilizzata da un traffico misto passeggeri e merci; il primo, di carattere unicamente regionale, è fortemente caratterizzato da servizi che collegano tra di loro le principali località che insistono sulla linea, tra le quali i due capoluoghi di provincia di Cremona e Mantova, e da un traffico fortemente polarizzato verso il capoluogo milanese. Il secondo risulta essere prevalentemente condizionato dalla presenza di importanti poli produttivi, appartenenti principalmente al settore siderurgico e cerealicolo che, facendo capo ad alcuni impianti ferroviari localizzati lungo la linea, sono in grado di sviluppare interessanti volumi di traffico, prevalentemente orientati verso il settentrione del Paese nonché diretti oltre valico.

Il risultato è la presenza di un traffico dove la componente merci risulta significativa, al punto tale che in talune giornate della settimana risulta prevalente, e che quindi attribuisce alla linea elevate caratteristiche di eterotachia. Le condizioni di utilizzo dell'infrastruttura unite alle caratteristiche della linea, a binario unico, comportano una residua possibilità di incrementi di traffico passeggeri e merci relegata tra l'altro a talune ore della giornata.

Dalle analisi prodotte nel presente studio emerge anzitutto chiaramente come le attuali condizioni di utilizzo dell'infrastruttura non ammettano la possibilità di sostanziali incrementi del numero dei treni passeggeri e merci lungo la linea. L'applicazione della metodologia proposta nella fiche UIC 406 R dimostra, in particolare, come i valori dei coefficienti di occupazione dell'infrastruttura risultano superiori ai valori limite raccomandati dalla Fiche stessa; ciò, in conseguenza della metodologia adottata, sta a significare che non è garantita la stabilità dell'orario da cui dipende la regolarità del servizio passeggeri e l'affidabilità di quello merci.

A fronte di tale situazione, lato domanda, emerge come ci siano viceversa condizioni di crescita degli attuali traffici ferroviari merci, siano essi legati alle prospettive di crescita dei settori produttivi che li alimentano (siderurgico e cerealicolo), sia per effetto della acquisizione di quote dalle modalità concorrenti. Da non trascurare inoltre la possibilità di sfruttare la linea come itinerario alternativo per alcune "rotte" attualmente caratterizzate dall'attraversamento del nodo di Milano, data l'equivalenza dei costi generalizzati degli itinerari alternativi.

Le simulazioni della domanda passeggeri condotte su possibili ipotesi di riassetto dei servizi regionali hanno evidenziato come l'incremento del numero di treni, generato dal fatto che ogni servizio oggi presente sulla linea sarà portato a frequenza oraria (RE11 e R39) o bioraria (R40), generi incrementi più o meno significativi ai carichi sulle diverse tratte per i servizi RE11 (Milano – Mantova) e R40 (Cremona – Mantova); per il servizio R39 si osserva viceversa come l'incremento di frequenza non produca sostanziali incrementi di traffico.

Le simulazioni sembrano comunque supportare le modifiche introdotte nel recente AQ della Lombardia che vedono un cadenzamento biorario del servizio R40.

L'analisi della potenzialità residua dell'infrastruttura nella situazione di "non progetto" (binario unico) dimostra infine che se fossero implementate le predette ipotesi di riorganizzazione dei servizi passeggeri, la quota residua di tracce da dedicare al traffico merci risulterebbe esigua andando a non rendere possibile la circolazione degli attuali treni merci. Il raddoppio della linea consente viceversa la riorganizzazione dei servizi passeggeri con ampi margini di crescita degli attuali volumi di traffico ferroviario merci.

APPENDICE METODOLOGICA

Le analisi e le previsioni di traffico per la componente passeggeri regionale sono state ottenute attraverso l'applicazione di una metodologia basata su un sistema di modelli matematici in grado di simulare il funzionamento del sistema dei trasporti, metodologia implementata in particolare per riprodurre l'interazione tra la domanda di mobilità e l'offerta trasporto allo scopo di calcolare i traffici negli scenari.

Di seguito sono descritti nel dettaglio le singole componenti del sistema dei modelli messi a punto nonché elementi atti a valutare la loro capacità di riprodurre il fenomeno di mobilità oggetto di analisi.

A_1 Il modello di offerta

Il modello di offerta consente di rappresentare il sistema dei trasporti attuale e futuro dell'area di studio definita al Capitolo 3, di calcolare le prestazioni ed i livelli di servizio offerti, nonché di analizzare il funzionamento del sistema di offerta, l'impegno delle infrastrutture e dei servizi di trasporto ed eventuali criticità.

L'offerta di trasporto viene quindi rappresentata attraverso uno specifico modello di rete, costituito da uno o più grafi (tanti quanti sono i modi di trasporto considerati) e dalle funzioni di costo associate ai suoi archi. Ogni grafo si compone di elementi fondamentali quali:

- i centroidi, ovvero i poli generatori/attrattori della domanda di trasporto;
- i nodi, ovvero i punti che non hanno associato alcun potenziale di attrazione o generazione ed hanno invece funzione di consentire una riproduzione il più possibile fedele della rete, attraverso la rappresentazione delle intersezioni stradali e le fermate del trasporto collettivo;
- gli archi, ovvero i collegamenti tra i nodi, che rappresentano le infrastrutture di trasporto della rete stradale e/o le linee del trasporto collettivo.

Nel caso di studio, il grafo della rete di trasporto stradale attuale, è costituito dagli elementi di seguito riportati:

- 247 centroidi (che rappresentano una suddivisione del territorio principalmente di livello comunale), di cui circa 228 interni all'area di intervento e 19 nel resto dell'area di studio considerata;
- circa 8'100 archi bidirezionali che rappresentano la rete stradale primaria dell'area di studio atti a garantire gli spostamenti inter-comunali. Gli archi connettori sono circa 880 e servono per la connessione dei centroidi al grafo).

Agli archi stradali sono associate una serie di caratteristiche sia fisiche che funzionali quali:

- la lunghezza;
- la direzione dei flussi;
- il numero delle corsie;
- la classe funzionale della strada;
- la capacità (veicoli/ora);
- la velocità a flusso nullo (km/h);
- i conteggi di traffico eventualmente disponibili;
- i toponimi e una serie di altre informazioni.

Nel caso in esame la rete viaria è stata modellizzata trascurando tutti gli elementi classificabili come "viabilità locale", e considerando dunque i soli elementi appartenenti alla viabilità principale utile alla rappresentazione dei principali collegamenti inter-comunali. La figura seguente riporta una rappresentazione del grafo della rete stradale attuale.

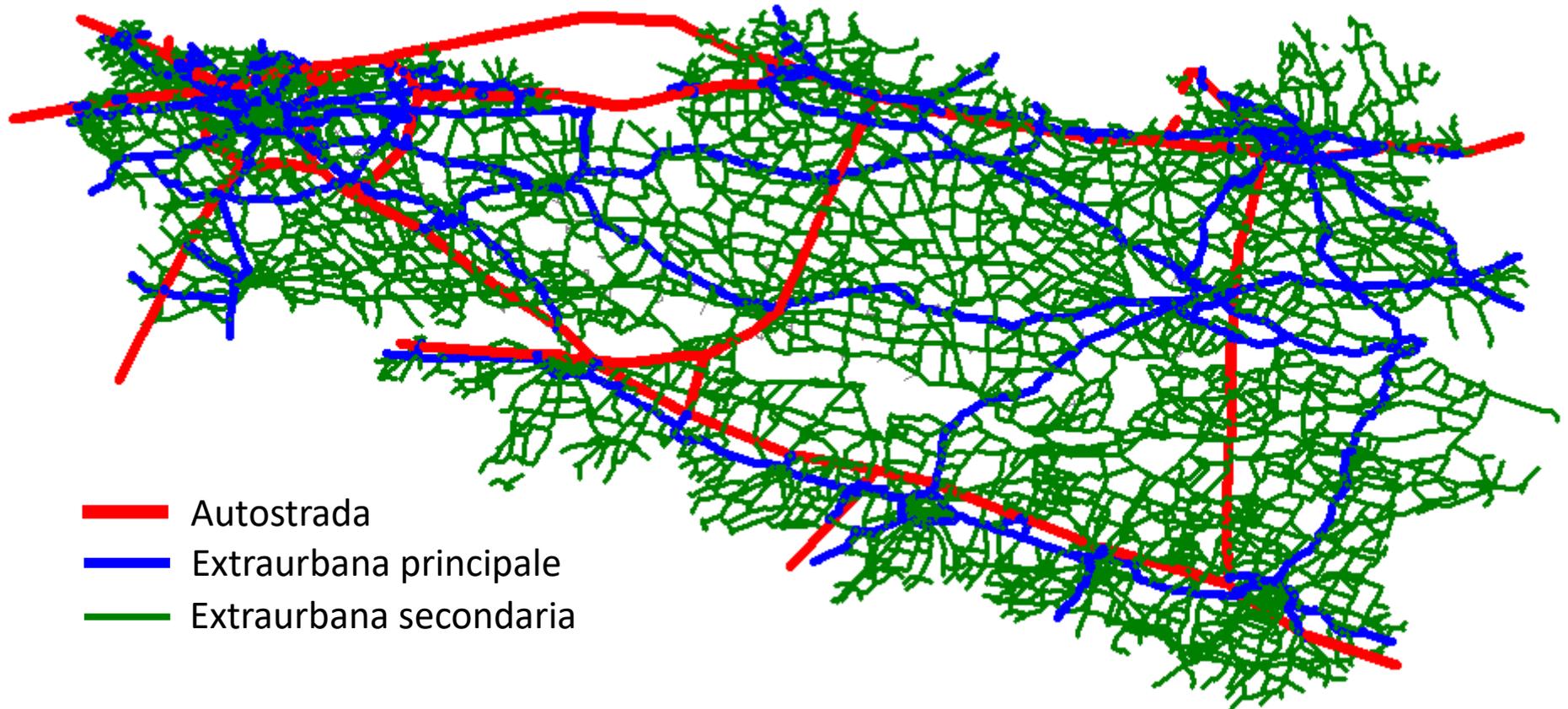


Figura 8-1: Grafo della rete stradale

Costruito il grafo stradale, il relativo modello di rete viene messo a punto attraverso l'associazione di una funzione di deflusso per ogni arco della rete. Queste funzioni sono delle relazioni matematiche che consentono di calcolare il tempo di percorrenza degli archi ed il tempo necessario per effettuare le possibili manovre ai nodi in funzione delle caratteristiche infrastrutturali e di traffico degli archi.

Ciascuna infrastruttura stradale è caratterizzata da un funzionamento tipico che è riassunto nella specifica curva di deflusso, che pone in relazione la velocità media di percorrenza, e quindi il tempo medio di percorrenza, con il livello di utilizzazione dell'infrastruttura stessa (condizioni di deflusso). La forma funzionale delle curve di deflusso utilizzate è del tipo BPR²³, la cui espressione generale è:

$$t^{BPR}(q) = t_0 \left[1 + \alpha \cdot \left(\frac{q}{n \cdot C} \right)^\beta \right] \quad (A.1)$$

in cui il tempo di percorrenza di un tratto unitario dell'arco ad un dato livello di flusso è espresso come funzione del tempo di percorrenza dell'arco a flusso nullo t_0 per un fattore maggiore dell'unità che dipende dal flusso q , dalla capacità $n \cdot C$ dell'arco stesso (n rappresenta il numero di corsie per senso di marcia, C la capacità per corsia) e da due parametri α e β che sottintendono un insieme di fattori funzionali dell'arco (caratteristiche geometriche, condizioni d'uso, ecc.).

Per quanto riguarda la rete delle linee di trasporto collettivo, è stato considerato:

- un sottosistema di linee di superficie su gomma;
- un sottosistema di linee ferroviarie.

Questi sottosistemi sono costituiti dalla:

- rete dei servizi ferroviari di interesse per l'area di studio;
- rete di servizi su gomma (bus extraurbani) che collegano i principali poli di interesse nell'area di cui sopra.

Per quanto riguarda l'offerta attuale, il grafo del trasporto pubblico attuale rappresenta un'offerta di 93 linee, di cui 24 individuano il servizio di trasporto pubblico su ferro (per un totale di 380 treni giornalieri) e 69 rappresentano il servizio di trasporto pubblico su gomma (per un totale di circa 1040 corse al giorno) di interesse nell'area di intervento per il collegamento dei comuni interessati con i principali poli attrattori ed i poli attrattori tra loro.

Nel modello di offerta di trasporto pubblico, alle linee sono associate una serie di informazioni quali:

- la lunghezza;
- la velocità commerciale;
- il tipo di servizio;
- la frequenza del servizio;
- i toponimi delle fermate ed i relativi codici di corrispondenza ai nodi della rete.

La seguente figura mostra il modello di rete di TPL sviluppato.

²³ Bureau of Public Roads, Traffic Assignment Manual, U.S. Dept. of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C., 1964.

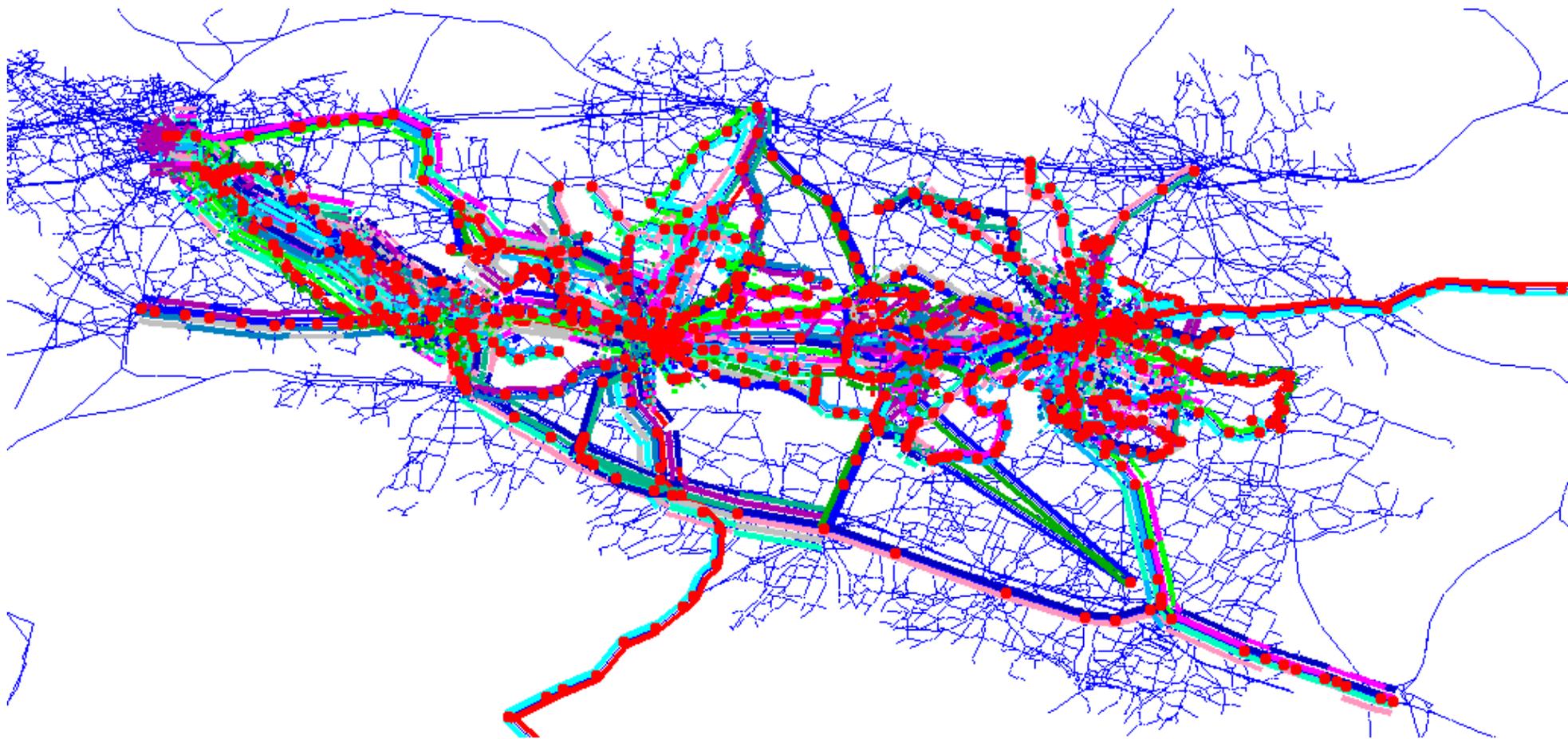


Figura 8-2: Grafo dei servizi di trasporto collettivo extraurbano

A_2 Il modello di domanda

La previsione della domanda di trasporto viene effettuata utilizzando un sistema di modelli ad aliquote parziali costituito da un modello di emissione o generazione, un modello di distribuzione ed un modello di scelta modale che, caratterizzato per motivo dello spostamento, consente di ottenere:

$$d_{od}(s,m) = d_o(s) p(d/os) p(m/ods) \quad (A.2)$$

dove:

$d_{od}(s,m)$ è numero di spostamenti tra l'origine o e la destinazione d per il motivo s utilizzando il modo di trasporto m ;

$d_o(s)$ è numero di spostamenti emessi dall'origine o per il motivo s ;

$p(d/os)$ è l'aliquota di spostamenti che arrivano nella destinazione d partendo dall'origine o per il motivo s ;

$p(m/ods)$ è l'aliquota di spostamenti tra l'origine o e la destinazione d per il motivo s che utilizza il modo di trasporto m .

La previsione viene fatta per un periodo temporale di riferimento h , che qui di seguito viene sottinteso per semplificare la formulazione e non appesantire inutilmente la lettura della stessa.

Qui di seguito viene sinteticamente riportata la specificazione dei modelli di emissione e scelta modale.

Modelli di emissione

I modelli di emissione adottati sono del tipo indice per categoria. Le categorie di utenti considerate sono quelle riconducibili al motivo di spostamento s .

Il numero di spostamenti emessi dall'origine o per il motivo s , $d_o(s)$, può essere calcolato come:

$$d_o(s) = \sum_i X_o^i m^i(s) \quad (A.3)$$

dove:

X_o^i è il numero di utenti della categoria i che si trovano nella zona di origine o ;

$m^i(s)$ è indice medio di spostamenti effettuati dagli individui della categoria i per il motivo s .

La specificazione degli attributi ed i valori degli indici adottati per i tre motivi di spostamento s considerati (lavoro, studio e altri motivi) sono riportati in un successivo paragrafo.

Modelli di scelta modale

Il modello di scelta modale utilizzato è di tipo *logit* caratterizzato dalla seguente funzione:

$$p(m/ods) = \frac{e^{V_m(o,d,s)}}{\sum_n e^{V_n(o,d,s)}} \quad (A.4)$$

in cui $V_m(o,d,s)$ costituisce l'utilità associata alla generica alternativa m per ciascuna coppia O/D e dipendente dal modo s . La funzione di utilità è stata determinata come combinazione lineare di determinati attributi $X_{o,d}$ che caratterizzano il modo m e valutati per ciascuna coppia O/D:

$$V_m(o,d,s) = \sum_k \beta_{k,s} X_{o,d} \quad (A.5)$$

La dipendenza dell'utilità al motivo s è derivata dal set di coefficienti $\beta_{k,s}$ che pesano ciascun attributo, set che dipende appunto dal motivo di spostamento.

A_3 Il modello di interazione domanda-offerta

I modelli di assegnazione simulano come la domanda O/D ed i flussi sui diversi percorsi impegnano i diversi elementi del sistema di offerta. Essi permettono di calcolare i flussi di traffico, ossia il numero di utenti che in prefissati periodi della giornata utilizzano ciascun arco della rete rappresentativa dell'offerta di trasporto,

sia in termini di passeggeri trasportati dal sistema di trasporto pubblico che in termini di veicoli che impegnano le infrastrutture stradali.

La variabile che deve essere minimizzata nella fase d'assegnazione è il costo generalizzato del trasporto, calcolato come media pesata del tempo complessivo di percorrenza dell'utente e del costo monetario.

La procedura di assegnazione per il trasporto collettivo consente di calcolare:

- passeggeri saliti e discesi ad ogni fermata ed ogni linea della rete del trasporto collettivo;
- passeggeri a bordo di ogni linea.

Per quanto riguarda la rete stradale, il modello di assegnazione utilizzato è un modello di carico della rete, che consente di calcolare i flussi sugli archi della rete come risultato di un modello di scelta del percorso

Per una valutazione sintetica della prestazione delle reti, per ogni scenario, è possibile calcolare degli indicatori sintetici di prestazione, tra i quali il numero di passeggeri-h e di passeggeri-km, suddivisi per modo di trasporto.

A_4 La calibrazione aggregata del sistema di modelli

Prima di essere applicato per la previsione di scenari futuri, il sistema di modelli matematici per la simulazione del sistema dei trasporti deve essere *calibrato*, ovvero devono essere stimati i suoi coefficienti o parametri, e *validato*, ovvero deve essere provata la sua capacità di riprodurre il fenomeno di mobilità osservato attraverso i dati disponibili (scenario attuale). Un buon sistema di modelli è di solito il risultato di un processo “*trial and error*” in cui il ciclo specificazione, calibrazione e verifica viene ripetuto più volte fino al raggiungimento di un modello statisticamente “soddisfacente”. Nel prosieguo vengono sinteticamente descritti i risultati delle suddette fasi per il modello di offerta e per il sistema di modelli di domanda.

Calibrazione aggregata modello di offerta stradale

Il modello di offerta di trasporto stradale descritto precedentemente è stato calibrato in modo aggregato modificando i parametri delle funzioni di costo) associate agli archi di rete in modo da riprodurre il più fedelmente possibile le prestazioni della rete stradale in termini di costo generalizzato per le principali coppie origine-destinazione (O/D) dell'area d'interesse.

In relazione al prevalente contesto extraurbano di rappresentazione del fenomeno di mobilità in esame, dove è possibile ipotizzare l'assenza di congestione sulla rete regionale, per i tempi O/D rilevati si è fatto riferimento alle principali banche dati disponibili per l'area di studio. In particolare, si è fatto riferimento prestazioni fornite da Google Maps™. Nella seguente figura è riportato il risultato delle verifiche effettuate circa la capacità riproduttiva dei modelli di offerta per la rete stradale.

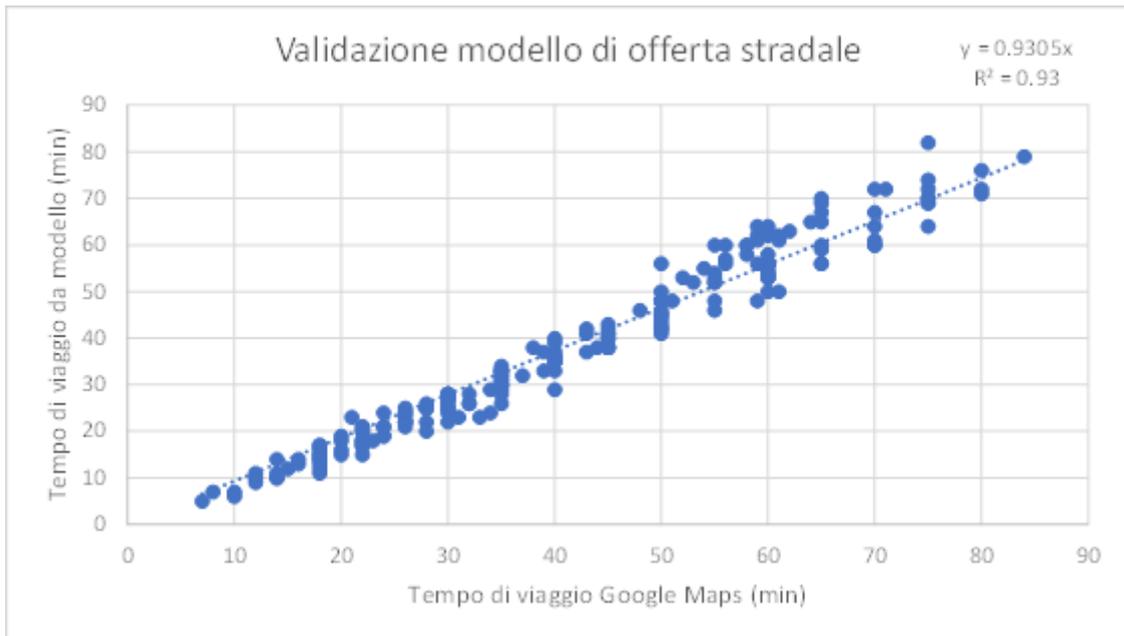


Figura A.4 – Verifica della capacità riproduttiva dei tempi O/D su strada

La bontà della capacità riproduttiva del modello è testimoniata dall'alto valore del coefficiente di determinazione R^2 e dal valore del coefficiente angolare prossimo a 1.

Calibrazione aggregata modello di offerta di TPL

In maniera analoga si è proceduto a verificare il livello di risposta del modello di offerta del sistema di TPL confrontando il valore reale dei tempi di viaggio tra un l'insieme delle coppie O/D che collegano il centroide di Cremona (baricentrico rispetto all'area di studio e quindi ritenuto rappresentativo), con quello restituito dal modello implementato. In questo caso, ai fini di determinare il valore "reale" si è fatto riferimento alle indicazioni, in termini di tempi di percorrenza, fornite dal portale regionale "Muoversi in Lombardia"²⁴.

Anche in questo caso si ravvisa una significativa capacità riproduttiva del modello, testimoniata dall'alto valore del coefficiente di determinazione R^2 e dal valore del coefficiente angolare prossimo a 1.

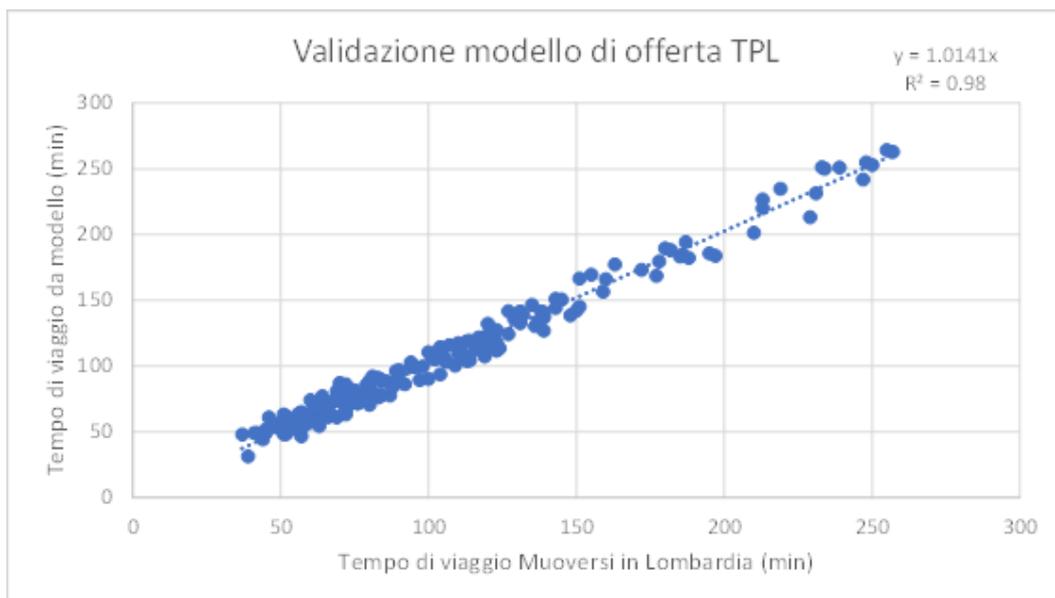


Figura A.5 – Verifica della capacità riproduttiva dei tempi O/D su strada

²⁴ <http://www.muoversi.regione.lombardia.it/planner/>

Calibrazione aggregata dei modelli di domanda

La verifica della capacità dei modelli di domanda calibrati (emissione, distribuzione e scelta modale) di riprodurre il fenomeno osservato è stata eseguita applicando in cascata i modelli in questione per ciascun motivo e determinando in tal modo la matrice origine-destinazione singola per motivo di spostamento e complessiva degli spostamenti tra ciascuna coppia O/D.

L'anno di riferimento per la calibrazione è il 2018 e la matrice origine-destinazione di test è quella della regione Lombardia.

Il seguente prospetto propone anzitutto il confronto “modello vs riferimento” della distribuzione dei flussi per mezzo di trasporto distinta per ciascuno dei 4 motivi considerati (lavoro, studi, occasionali e affari).

	LAVORO		STUDIO		OCCASIONALI		AFFARI		TOTALI											
	MODELLO	REGIONE	MODELLO	REGIONE	MODELLO	REGIONE	MODELLO	REGIONE	MODELLO	REGIONE										
AUTO	287'757	84.78%	288'515	84.96%	35'818	37.66%	35'547	37.32%	194'397	66.39%	192'045	65.76%	38'547	96.50%	37'776	96.49%	556'518	72.53%	553'883	72.30%
BUS	22'121	6.52%	21'654	6.38%	44'042	46.31%	43'864	46.05%	77'997	26.64%	77'705	26.61%	652	1.63%	639	1.63%	144'811	18.87%	143'862	18.78%
TRENO	29'529	8.70%	29'436	8.67%	15'243	16.03%	15'836	16.63%	20'423	6.97%	22'301	7.64%	747	1.87%	737	1.88%	65'942	8.59%	68'309	8.92%
TOTALE	339'407		339'604		95'103		95'247		292'817		292'051		39'946		39'151		767'272		766'054	

L'illustrazione che segue mostra infine il *fit* esistente tra i valori degli spostamenti su ciascuna coppia origine-destinazione.

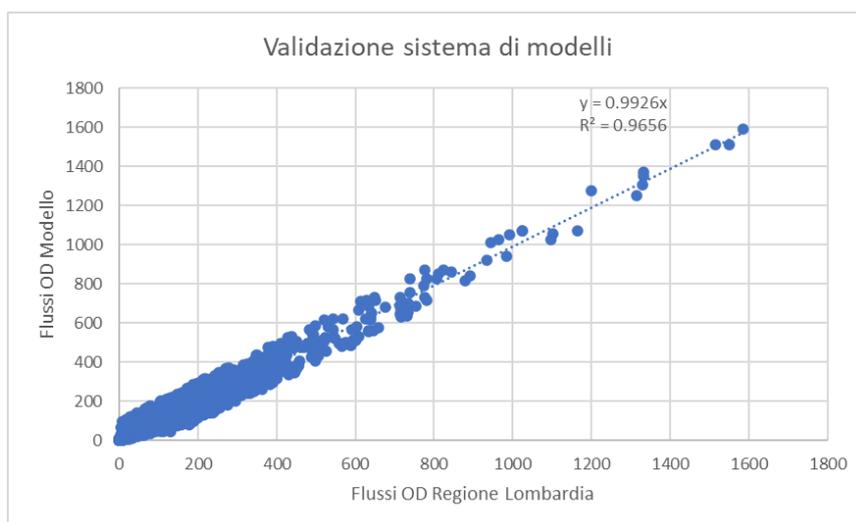


Figura A.5 – Validazione intero sistema dei modelli

Si osserva, anche in questo caso, una significativa capacità del sistema composto dai tre modelli di domanda, di riprodurre il fenomeno in osservazione: le distribuzioni per motivo di spostamento sono altamente paragonabili e i singoli valori sono sufficientemente correlati in considerazione dell'elevato valore del coefficiente di determinazione R^2 e dal valore del coefficiente angolare prossimo a 1.

Specificazione degli attributi e parametri adottati nel sistema di modelli

MODELLO DI GENERAZIONE

motivo s	Categoria di utenti	Coefficiente emissione m	Coeff. Determinazione R^2
LAVORO	Popolazione 30-64 anni	0,31	0,97
STUDIO	Popolazione 15-29 anni	0,14	0,86
OCCASIONALI	Popolazione 15-64 anni	0,28	0,83
AFFARI	Popolazione 30-64 anni	0,03	0,48

MODELLO DI SCELTA MODALE

Specificazione

	COSTO	TEMPO (*)	TRA	MILANO	ASA
AUTO	X	X			
BUS	X	X	X	X	X
TRENO	X	X	X		X

COSTO: costo monetario del viaggio;

TEMPO: tempo di viaggio totale per la modalità AUTO. Per il BUS il tempo comprende tutte diverse componenti (a bordo, attesa) tranne quella riferita ai trasbordi;

TRA: tempo totale dovuto ai trasbordi tra un mezzo e l'altro;

MILANO: variabile che assume il valore 1 quando la relazione O/D comprende una zona appartenente al comune di Milano;

ASA: variabile specifica dell'alternativa.

Valore dei coefficienti e principali statistiche

$\beta_{k,s}$	LAVORO		STUDIO		OCCASIONALI		AFFARI	
	VALORE	t-test	VALORE	t-test	VALORE	t-test	VALORE	t-test
COSTO_{AUTO}	-0,059179	-9,01	-0,238635	-10,81	-0,065231	-8,70	-0,080126	-2,34
COSTO_{BUS}	-0,089563	-5,10	-0,039526	-2,05	-0,081326	-5,69	-0,47569	-3,55
COSTO_{TRENO}	-0,070124	-3,97	-0,055213	-2,03	-0,069563	-3,15	-0,36212	-2,86
TEMPO_{AUTO}	-0,014832	-6,77	-0,072471	-9,40	-0,017835	-6,80	-0,060289	-5,56
TEMPO_{BUS}	-0,011146	-49,23	-0,002282	-14,91	-0,010435	-81,95	-0,015018	-6,84
TEMPO_{TRENO}	-0,010114	-27,47	-0,005889	-11,23	-0,009326	-26,36	-0,015575	-5,38
TRA_{BUS}	-0,022453	-19,68	-0,104546	-65,01	-0,011029	-9,82	-0,047304	-4,04
TRA_{TRENO}	-0,017182	-25,97	-0,0073	-5,04	-0,002833	-3,01	-0,021059	-9,47
MILANO	1,3164	105,12	0,541644	21,05	0,046412	2,91	1,604624	18,62
ASA_{BUS}	-2,310038	-94,44	-0,490522	-16,69	-0,372701	-19,37	-3,79428	-23,70
ASA_{TRENO}	-2,32221	-101,10	-3,092345	-74,35	-2,058093	-70,90	-4,398826	-26,61
R²	0,79		0,56		0,77		0,98	