

SUM SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

Linee guida per la
mobilità sostenibile nelle
aree urbane

PRIN 2009



REPORT SCENARIO

COMPATTO_01_C

Sommario

1	Descrizione dello scenario	1
1.1	Interventi sul sistema dell'offerta di trasporto	1
1.1.1	Interventi sulla rete stradale.....	1
1.1.2	Interventi sulla rete di trasporto su ferro.....	2
1.1.3	Rete ferroviaria regionale.....	3
1.1.4	Rete ferroviaria sub-urbana	4
1.1.5	Rete metropolitana.....	5
1.1.6	Rete metropolitana leggera	6
1.1.7	Rete tranviaria.....	7
1.2	Interventi sullo stock immobiliare	8
2.	Risultati della simulazione dello scenario (13_Localizzazione vs 01_zone_rif)	10
2.1	Analisi Sintetica dello Scenario	10
2.1.1	Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGU.....	10
2.1.2	Struttura della domanda come varia la matrice OD	11
2.2	Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione	12
2.2.1	Variazione Occupati di fascia alta.....	12
2.2.2	Variazione Occupati di fascia bassa.....	12
2.2.3	Variazione Popolazione totale	13
2.3	Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale degli Addetti (AddCom, AddServPri, AddTot)	14
2.3.1	Variazione degli Addetti al Commercio	14
2.3.2	Variazione degli Addetti ai Servizi Privati.....	14
2.3.3	Variazione Addetti Totali.....	15
2.4	Analisi di dettaglio delle variazioni delle Matrici Origine-Destinazione	16
2.4.1	Motivo.....	16
2.4.1.1	Spostamenti Casa-Lavoro.....	16
2.4.1.2	Spostamenti Casa-Altri Motivi.....	16
2.4.2	Analisi per singolo modo di trasporto.....	16
2.4.2.1	Auto	17
2.4.2.2	Moto	17
2.4.2.3	Trasporto pubblico.....	17
2.4.2.4	Piedi	18
2.4.3	Ripartizione modale totale e (in Entrata e in Uscita) per PGU	18
2.4.3.1	In Uscita.....	18
2.4.3.2	In Entrata.....	20

3. Analisi dell'elasticità del modello di simulazione (13_Loc. vs. 14_zone etc)21

3.1 Variazione di Popolazione	21
3.1.1 Variazione Occupati di fascia Alta	22
3.1.2 Occupati di fascia Bassa.....	23
3.2 Variazione di Addetti	24
3.2.1 Addetti al Commercio	26
3.2.2 Addetti ai Servizi Privati.....	26

4. Analisi di sostenibilità urbana.....27

4.1 Sostenibilità economica	28
4.2 Sostenibilità ambientale.....	32
4.3 Sostenibilità sociale.....	36

Bibliografia39

1 Descrizione dello scenario

Lo scenario Compatto_01_C è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo compatto della città caratterizzata da elevati valori di densità residenziale e mix funzionale nelle aree interne al G.R.A.

Lo scenario considera inoltre una significativa espansione della rete di trasporto pubblico su ferro, così come previsto dal Piano Regolatore Generale, approvato nel 2008.

		Sistema di Trasporto	
		Rete Parziale	Rete Completa
Uso del suolo	LU_PRG	PRG_P	PRG_C
	LU_Compatto_01	COMPATTO_01_P	COMPATTO_01_C
	LU_Compatto_02	COMPATTO_02_P	COMPATTO_02_C
	LU_Sprawl_01	SPRAWL_P	
	LU_Sprawl_02		SPRAWL_C
	LU_TOD_01	TOD_01_P	
	LU_TOD_02		TOD_02_C

1.1 Interventi sul sistema dell'offerta di trasporto

1.1.1 Interventi sulla rete stradale

I nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale previsti, come si può notare anche dai dati numerici riportati nella tabella 1, sono per oltre l'80% concentrati nelle corone PGTU quattro e cinque.

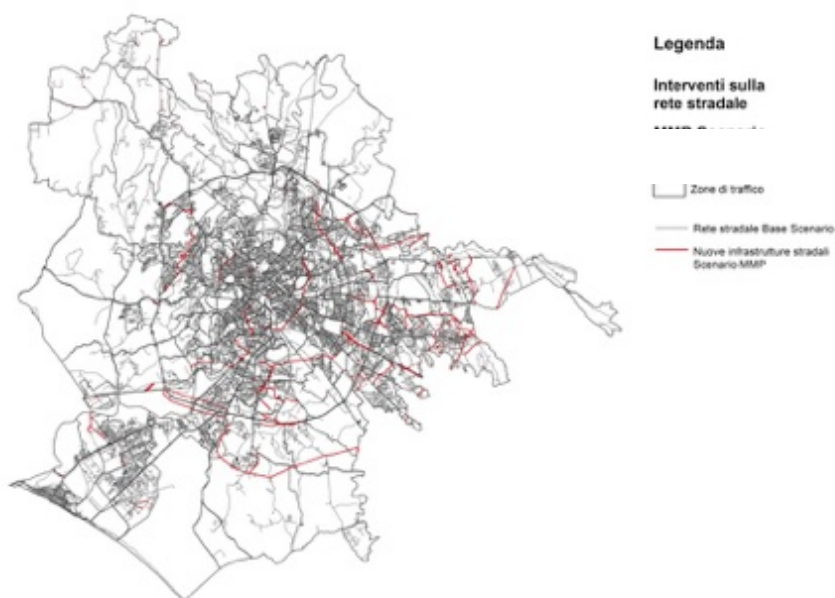


Figura 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale.

Corone PGTU	Lunghezza nuovi interventi	Distribuzione percentuale nuovi interventi per corone PGTU
	[m]	[%]
1	959	0,5%
2	9.642	4,5%
3	23.084	10,8%
4	72.179	33,9%
5	106.941	50,3%
Totale	212.805	100%

Tabella 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale suddivisi per corone PGTU

1.1.2 Interventi sulla rete di trasporto su ferro

Nelle previsioni di trasformazione futura sono previsti una serie d'interventi che interessano tutte le infrastrutture di trasporto su ferro dell'area metropolitana di Roma. Questi interventi prevedono sia un miglioramento della rete esistente, tramite una velocizzazione della rete e la rilocalizzazione di alcune stazioni, sia la realizzazione di nuove linee e l'apertura di nuove stazioni. Le infrastrutture su ferro sono articolate in cinque differenti tipologie di reti, di seguito elencate:

- Rete ferroviaria regionale;
- Rete ferroviaria sub-urbana;
- Rete metropolitana;
- Rete metropolitana leggera;
- Rete tranviaria.

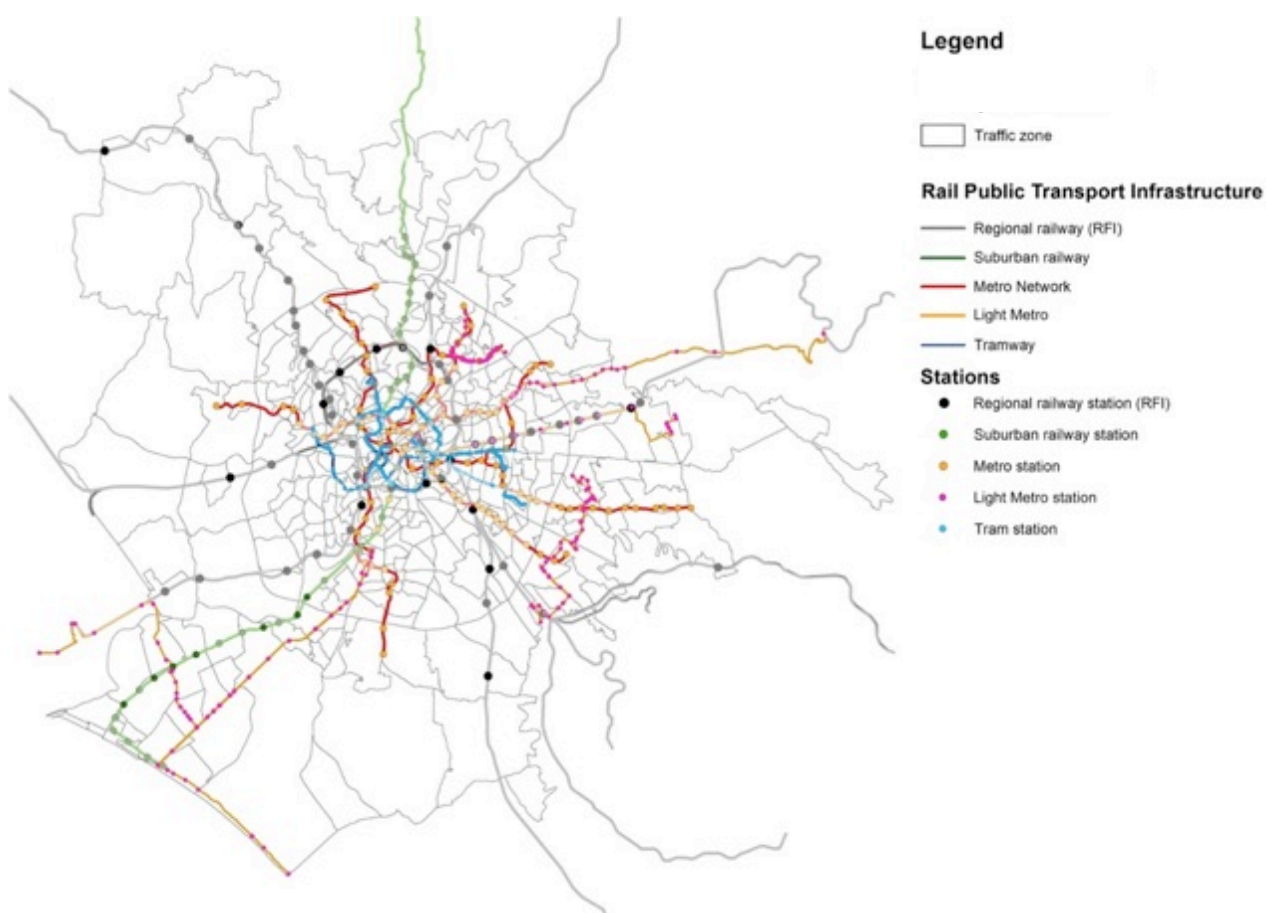


Figura 2: Mappa dei nuovi interventi sulla rete di trasporto pubblico su ferro

Per ognuna di queste tipologie di rete di trasporto pubblico su ferro è riportata a seguire una breve descrizione, con il supporto di figure e tabelle sintetiche.

1.1.3 Rete ferroviaria regionale

Gli interventi infrastrutturali previsti sulla rete ferroviaria regionale, sono di piccola rilevanza ed hanno l'obiettivo di migliorare i livelli di servizio della rete. L'unico intervento infrastrutturale di rilevante importanza riguarda il completamento dell'anello ferroviario che circonda il centro della città in modo chiudere la circonvallazione. Questo nuovo tratto denominato "Cintura Nord" o "FR0" dovrebbe collegare le stazioni di Roma Nomentana e Roma San Pietro con un tracciato di lungo circa 12,8 Km. Per quanto riguarda le nuove stazioni è prevista l'apertura di 11 nuove stazioni ferroviarie dedicate al servizio regionale.

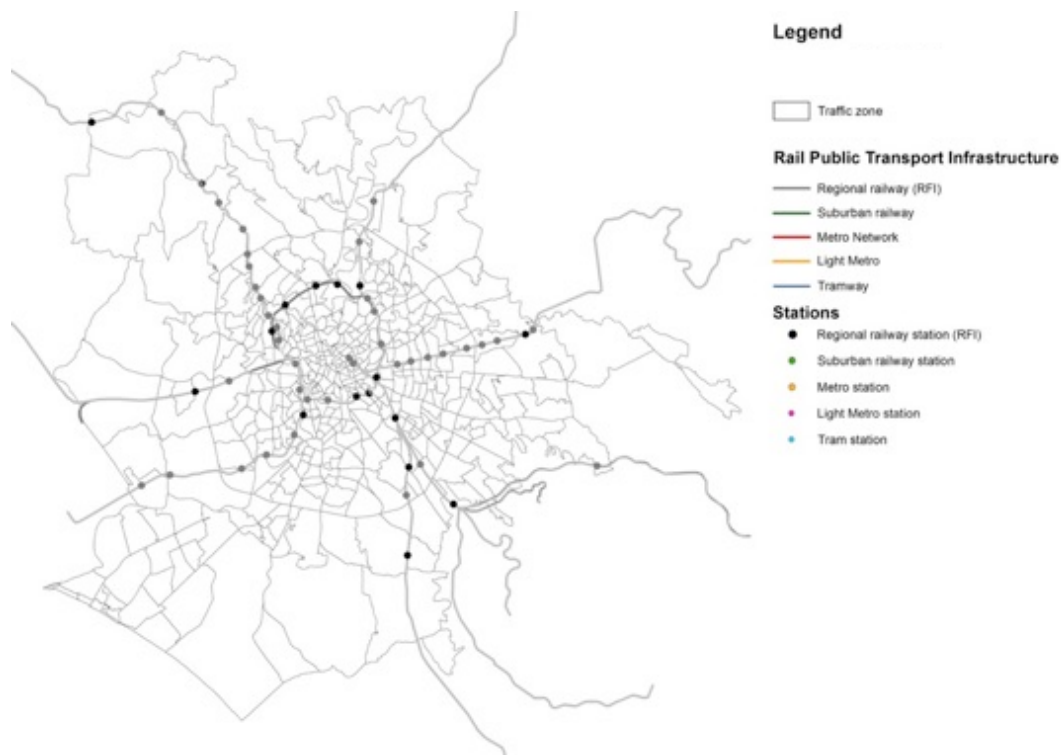


Figura 3: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete ferroviaria regionale

Nuove stazioni	Linea	Stato
Zama	FR 0	Nuova
Roma Balduina	FR 0	Nuova
Farneto	FR 0	Nuova
Vigna Clara	FR 0	Nuova
Pigneto	FR 1	Nuova
Salario	FR 1	Rilocalizzata
Portuense	FR 1	Nuova
Ponte di Nona	FR 2	Nuova
?	FR 3	Nuova
?	FR 4	Nuova
Maccarese Fregene	FR 5	Nuova
?	FR 8	Nuova
?	FR 8	Nuova

Tabella 2: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete di trasporto su ferro regionale

1.1.4 Rete ferroviaria sub-urbana

Per quanto riguarda la rete ferroviaria suburbana è prevista la dismissione di una delle tre linee presenti nello Scenario di Base, la linea Roma-Giardinetti. Infatti l'attuale tracciato verrà riconvertito a partire dalla stazione di Togliatti e fino a Giardinetti nella nuova linea della metro C. Per quanto riguarda invece il tratto della Roma-Giardinetti precedente alla stazione di Togliatti è prevista la sua riconversione in una linea tranviaria. Infine, per le altre due linee non sono in programma rilevanti interventi infrastrutturali, ad eccezione dell'apertura di sette nuove stazioni lungo la linea Roma-Lido.

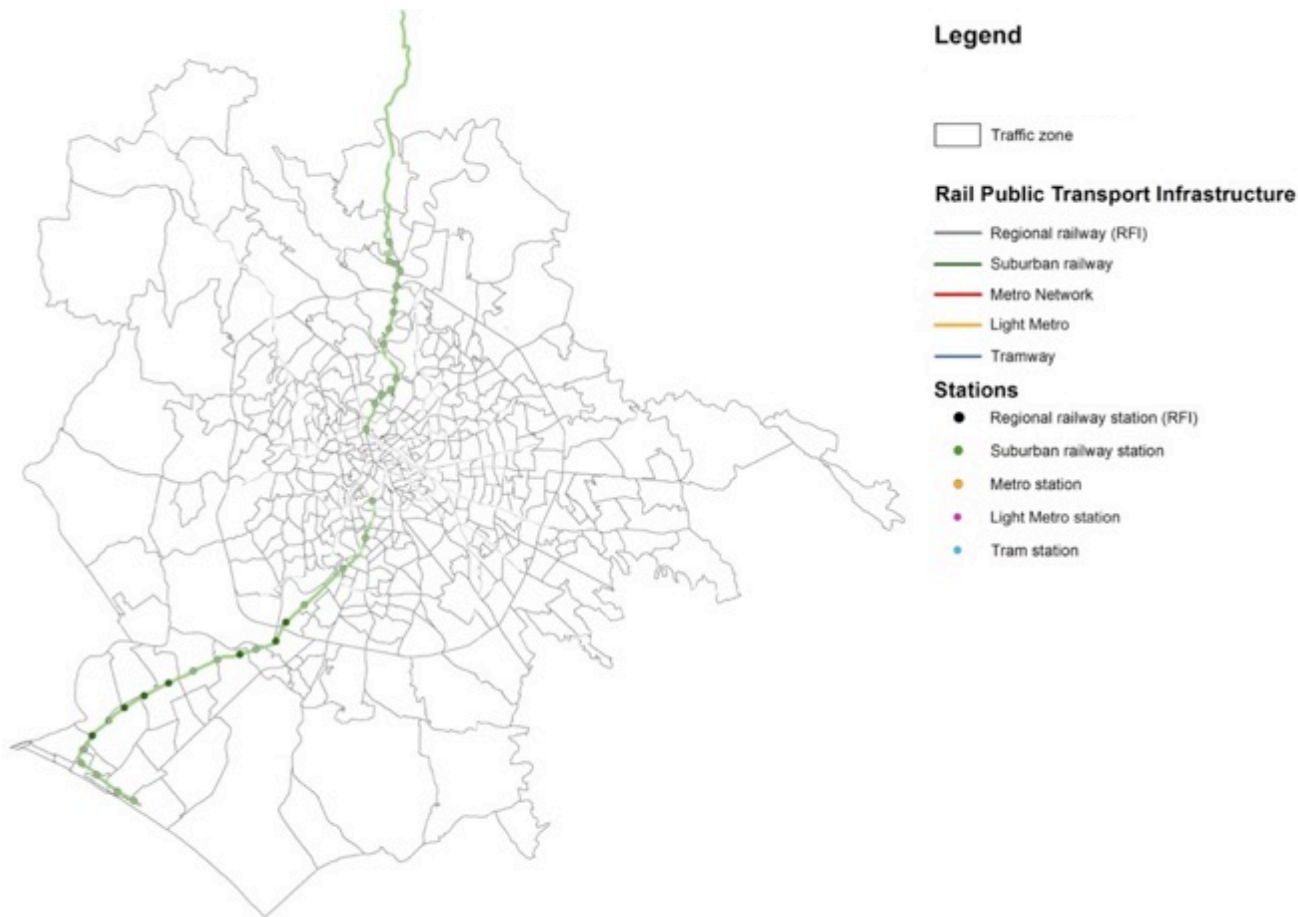


Figura 4: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete sub-urbana

1.1.5 Rete metropolitana

Gli interventi di potenziamento della rete metropolitana previsti dallo scenario sono relativi al prolungamento della linea A, B e B1 e alla realizzazione di altre due linee, la linea C e D. La linea C, attualmente in costruzione, attraverserà la città da Nord-Ovest ovvero dalla stazione di Tor di Quinto alla stazione di Pantano. Per questa linea sono previste due diramazioni. La prima, denominata Linea C1, verso Ovest, si estenderà dalla stazione di Teano a Ponte Mammolo. La seconda diramazione, denominata Linea C2, verso Nord, si estenderà dalla stazione di Giuochi Istmici alla stazione di Tor di Quinto. Per la linea D i lavori di realizzazione sono stati già avviati, e una volta ultimati, la linea collegherà la città da Nord a Sud, dalla stazione di Ogetti fino alla stazione di EUR Agricoltura. Nel complesso è prevista l'apertura di 84 nuove stazioni e la realizzazione di 88,7 nuovi Km di infrastrutture ferroviarie.

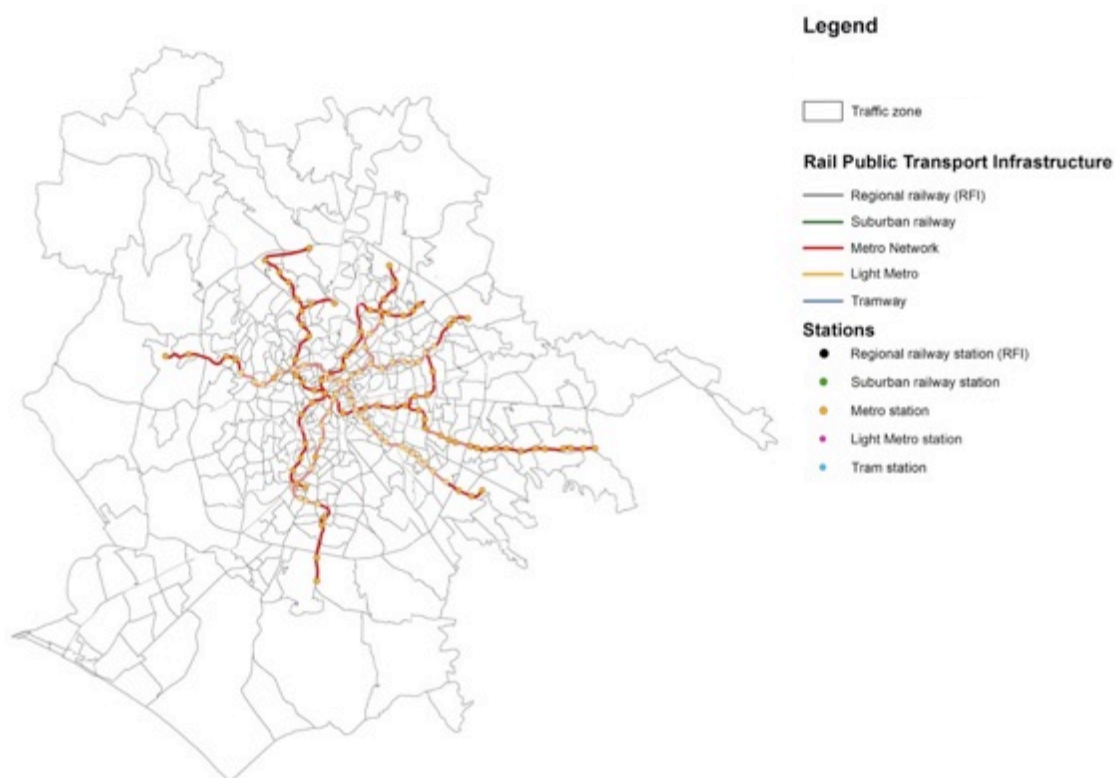


Figura 5: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

Linea	Lunghezza tot [Km]	Lunghezza nuovi tratti [Km]	Stazioni tot [n°]	Nuove stazioni [n°]
Linea A	27,8	9,4	34	7
Linea B	27,3	9,3	29	7
Linea B1	8,5	4,9	8	4
Linea C	36,6	36,6	39	39
Linea C1	4,9	4,9	5	5
Linea C2	2,6	2,6	2	2
Linea D	21,0	21,0	20	20

Tabella 3: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

1.1.6 Rete metropolitana leggera

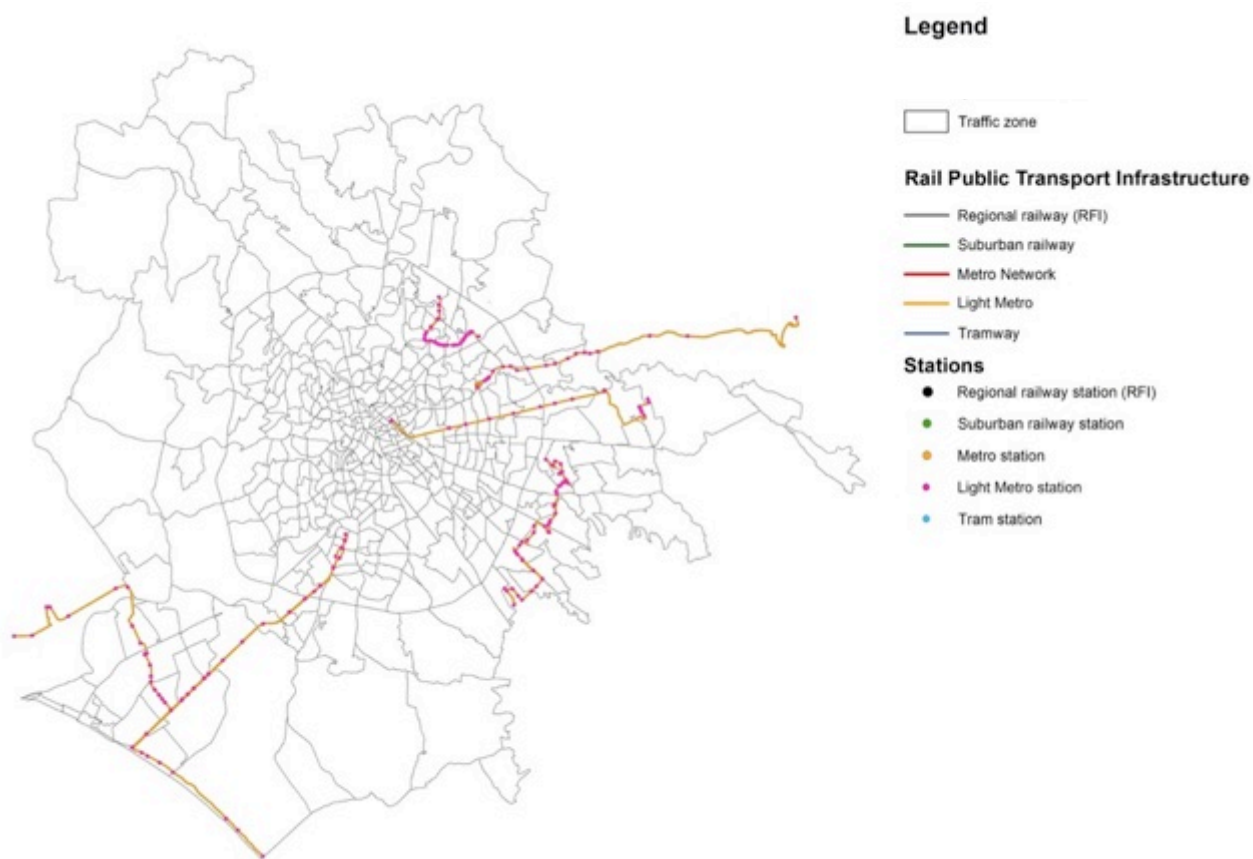


Figura 6: Mappa dei nuovi interventi infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

Linea	Estensione [Km]	Fermate [n°]
Linea V	7,0	42
Tor Vaianica – Aereoporto	32,5	53
Agricoltura - Aereoporto	34,7	69
Tivoli - Rebbibia	24,3	36
Tor Bella Monica - Ciampino	18,1	43
Termini - ?	19,9	30

Tabella 4: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

1.1.7 Rete tranviaria

Le opere di potenziamento della rete tranviaria prevedono sia alcuni minimi interventi di prolungamento e variazione del percorso per le linee esistenti sia la realizzazione di altre tre nuove linee con una lunghezza complessiva di circa 17,8 Km lungo i quali saranno dislocate altre 107 nuove fermate.

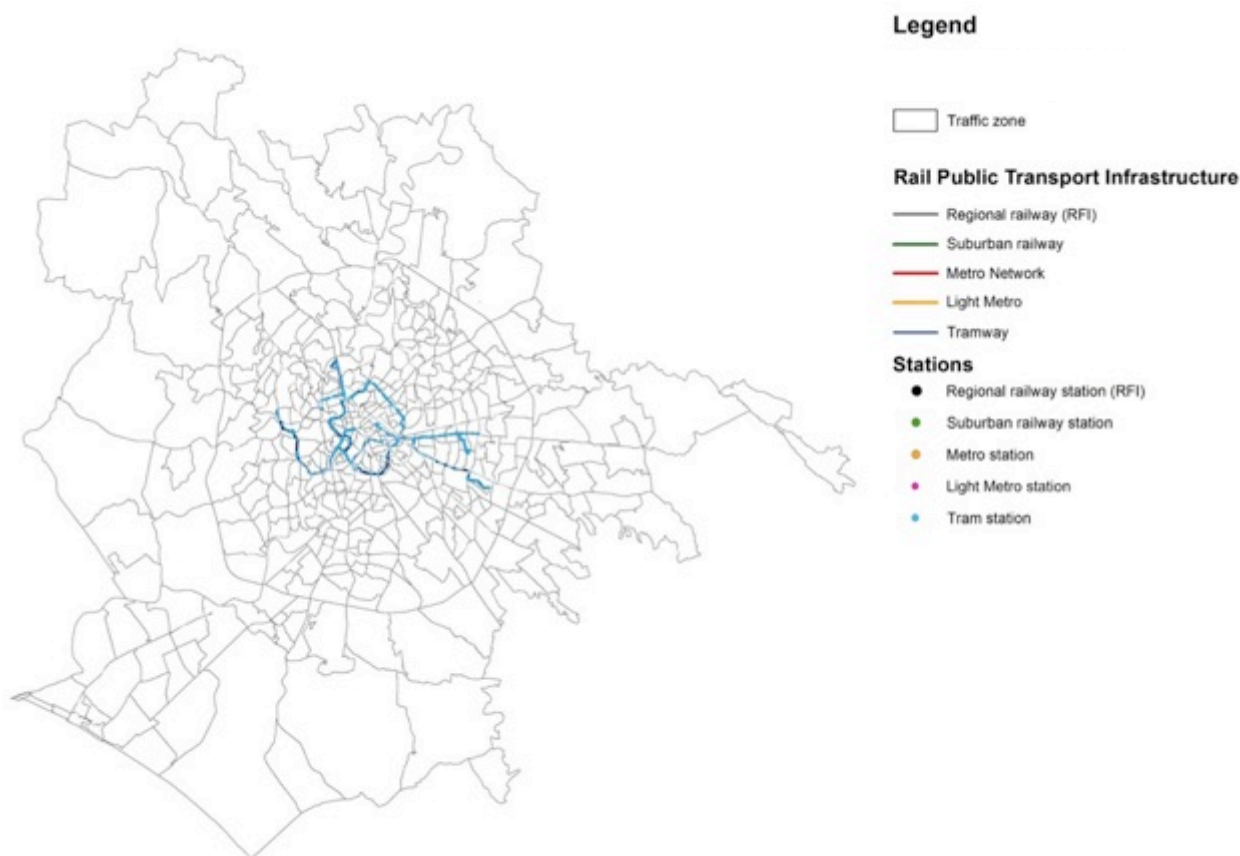


Figura 7: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

Linee	Percorso	Lunghezza totale [Km]	Lunghezza nuovi tratti [Km]	Fermate tot [n°]
Linea 2	Piazza Mancini - Piazzale Flaminio	2,7	-	15
Linea 3	Piazza Thorvaldsen - Stazione Trastevere	14,5	1,2	82
Linea 5	Stazione Termini - Piazza dei Gerani	7,2	-	45
Linea 8	Piazza Venezia - Via del Casaleto	9,3	3,5	58
Linea 14	Stazione Termini - V.le Palmiro Togliatti	7,5	-	37
Linea 19	Piazza dei Gerani – P.za Risorgimento	14,7	0,4	92
Linea ?	Stazione Termini –T. Spaccata	9,2	9,2	54
Tram distributore		4,8	4,8	33
Linea ?	San Giovanni – Piramide	3,8	3,8	20

Tabella 5: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

1.2 Interventi sullo stock immobiliare

Lo scenario Compatto_01_C è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo compatto della città caratterizzata da elevati valori di densità residenziale e mix funzionale nelle aree di intervento. In tale scenario gli 11,6 milioni di metri quadri di nuova superficie residenziale sono stati ridistribuiti tra 55 zone di traffico della seconda e terza corona. In accordo con lo scenario di base, significative porzioni di tali aree sono attualmente già urbanizzate, con valori di densità residenziale relativamente elevati. Pertanto, al fine di creare un tessuto urbano altamente compatto, sono stati ipotizzati interventi di sostituzione edilizia e infill development. Escludendo le zone di traffico attualmente destinate a verde pubblico, i circa 11,6 milioni di metri quadri di SUL sono stati distribuiti in maniera proporzionale alla densità esistente.

In tabella 6 sono riportate le variazioni di SUL residenziale per le cinque corone in cui è suddivisa l'area di studio. E' inoltre riportata la variazione dell'Indice di Utilizzazione Territoriale residenziale, dato dal rapporto tra la variazione di SUL residenziale (m²) e la Superficie territoriale (ha). Le variazioni di SUL residenziale sono inoltre state convertite in variazioni del numero medio di abitazioni, considerando come dimensione media dei nuovi alloggi una superficie di 84 m². Come è possibile osservare dalla tabella, gli interventi previsti per lo scenario analizzato si distribuiscono in maniera quasi identica tra la seconda e quarta corona, in termini assoluti. Tuttavia le due corone presentano delle caratteristiche differenti nello scenario di base. La seconda corona è caratterizzata da una superficie territoriale circa quattro volte più piccola della superficie territoriale della terza corona ed al contempo presenta un tessuto urbano più fitto, e una dimensione media degli alloggi più elevata. Tali caratteristiche possono essere riscontrate osservando le variazioni di IUT residenziale (+1380 mq/ha della seconda corona contro i 450 della terza) e di numero di alloggi per ettaro (+16 della seconda contro i +5,6 della terza).

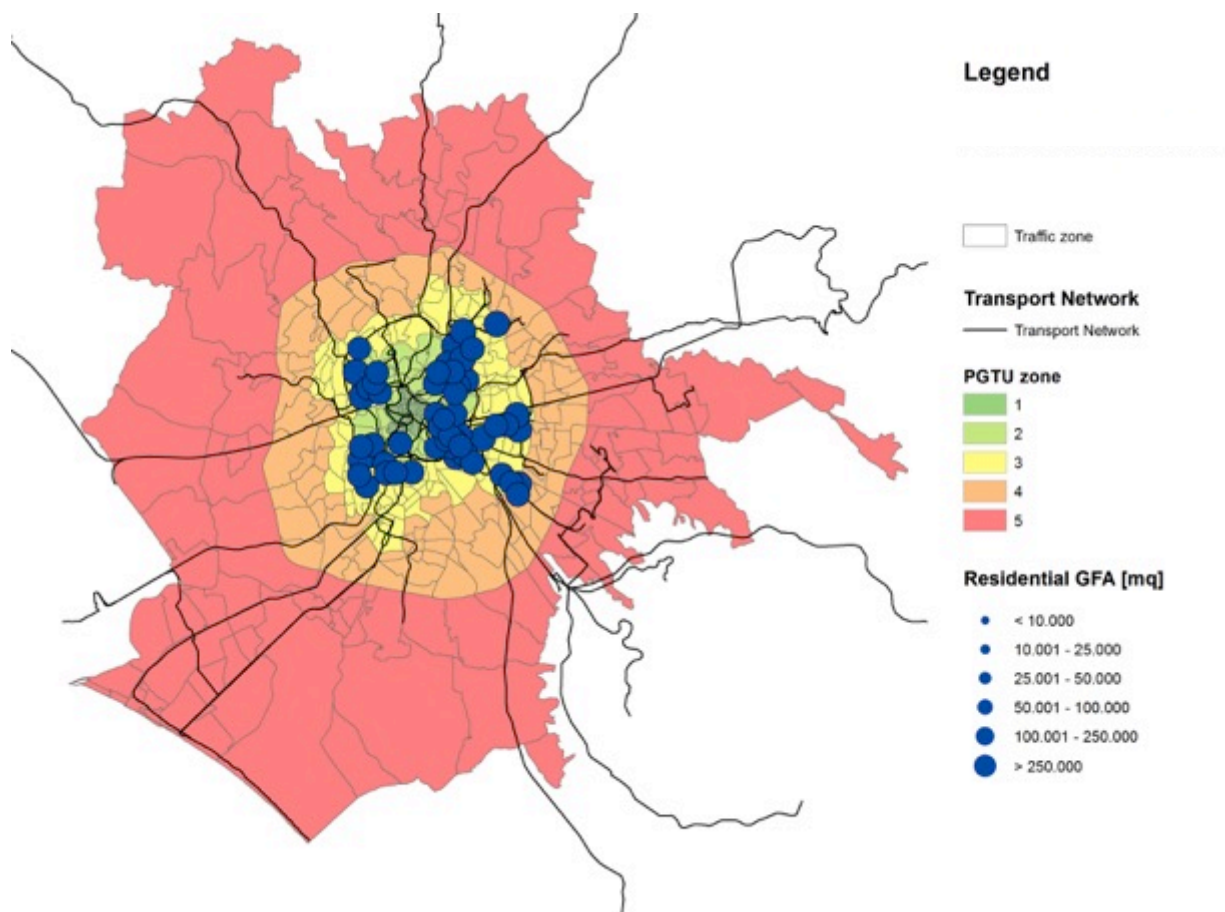


Figura 8: Interventi sullo stock immobiliare

Corone	Variazione SUL Residenziale		Variazione IUT Residenziale	Variazione Abitazioni	
	(m²)	(%)		(n)	(n/ha)
1	0,00	0,00%	0,00	0	0,00
2	5.853.089,07	30,41%	1379,80	69.680	16,43
3	5.789.095,93	15,84%	552,12	68.918	6,57
4	0,00	0,00%	0,00	0	0,00
5	0,00	0,00%	0,00	0	0,00
Totali	11.642.185,00	11,99%	90,56	138.597	1,08

Tabella 6: Variazione della SUL residenziale, del numero di abitazioni e dell'Indice di Utilizzazione Territoriale

2. Risultati della simulazione dello scenario (13_Localizzazione vs 01_zone_rif)

2.1 Analisi Sintetica dello Scenario

2.1.1 Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGU

Dall'analisi dei dati numerici riportati nelle seguenti tabelle, si nota una tendenza della popolazione e degli addetti a ricollocarsi nella seconda e terza corona PGU, dove è localizzata la nuova SUL prevista dallo scenario.

PGT U	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	10.683	18.911	60.488	52.916	10.632	103.968
2	49.153	141.640	394.995	180.873	32.667	343.129
3	80.627	337.605	899.092	130.995	50.081	316.754
4	47.851	214.205	528.610	92.069	38.563	232.372
5	58.594	243.162	620.452	72.307	40.103	206.209
Totale	246.908	955.522	2.503.637	529.161	172.046	1.202.431

Tabella 7: Popolazione e Addetti nell'area di Studio per corone PGU scenario di Base

PGT U	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	9.731	14.485	49.007	46.643	8.593	95.443
2	63.700	212.135	520.286	219.250	51.975	401.720
3	92.789	397.998	1.000.387	175.008	66.548	377.903
4	45.445	175.201	457.570	78.665	30.596	210.277
5	54.870	208.435	584.726	63.900	32.437	189.496
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976	583.467	190.148	1.274.839

Tabella 8: Popolazione e Addetti nell'area di Studio per corone PGU scenario Compatto_01_C Simulato

PGT U	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-952	-4.426	-11.481	-6.273	-2.039	-8.525
2	14.547	70.495	125.291	38.377	19.308	58.591
3	12.162	60.393	101.295	44.013	16.467	61.149
4	-2.406	-39.004	-71.040	-13.404	-7.967	-22.095
5	-3.724	-34.727	-35.726	-8.407	-7.666	-16.713
Totale	19.627	52.731	108.339	54.307	18.102	72.407

Tabella 9: Variazione di Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGU tra gli scenari di Base e Compatto_01_C Simulato

PGT U	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-9%	-23%	-19%	-12%	-19%	-8%
2	30%	50%	32%	21%	59%	17%
3	15%	18%	11%	34%	33%	19%
4	-5%	-18%	-13%	-15%	-21%	-10%
5	-6%	-14%	-6%	-12%	-19%	-8%
Totale	8%	6%	4%	10%	11%	6%

Tabella 10: Variazione percentuale di Popolazione e Addetti nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra gli scenari di Base e Compatto_01_C Simulato

2.1.2 Struttura della domanda come varia la matrice OD

Di seguito sono riportate le matrici OD degli spostamenti per modo e motivo tra le varie corone PGTU, dall'analisi dei dati umerici si nota che solamente la seconda, la terza e la quinta corona PGTU sono interessate da un incremento di domanda di spostamenti.

	1	2	3	4	5	Totale
1	5.331	4.594	2.272	609	286	13.090
2	13.556	52.506	23.400	6.168	2.946	98.576
3	15.743	62.269	102.252	26.130	13.223	219.616
4	5.026	26.224	41.923	40.246	14.574	127.994
5	3.189	20.045	34.446	25.549	63.890	147.118
Totale	42.844	165.637	204.293	98.701	94.920	606.395

Tabella 11: Matrice OD per lo scenario di Base

	1	2	3	4	5	Totale
1	3.764	4.163	2.837	620	381	11.766
2	13.533	63.853	32.180	7.876	4.887	122.329
3	15.115	68.564	115.498	27.519	17.659	244.355
4	4.199	26.586	40.535	29.803	15.645	116.768
5	3.704	26.868	41.251	24.505	55.016	151.344
Totale	40.315	190.034	232.301	90.323	93.589	646.561

Tabella 12: Matrice OD per lo scenario Compatto_01_C

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-1.566	-29%	-430	-9%	565	25%	12	2%	95	33%	-1.325	-10%
2	-23	0%	11.347	22%	8.780	38%	1.708	28%	1.941	66%	23.753	24%
3	-628	-4%	6.296	10%	13.246	13%	1.389	5%	4.436	34%	24.739	11%
4	-826	-16%	361	1%	-1.388	-3%	-10.443	-26%	1.071	7%	-11.226	-9%
5	515	16%	6.823	34%	6.805	20%	-1.044	-4%	-8.874	-14%	4.226	3%
Totale	-2.529	-6%	24.397	15%	28.008	14%	-8.378	-8%	-1.331	-1%	40.167	7%

Tabella 13: Confronto tra le Matrici OD dello scenario di Base e dello scenario Compatto_01_C

2.2 Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione

2.2.1 Variazione Occupati di fascia alta

Le zone di traffico comprese nella seconda e terza corona PGTU, sono quelle interessate dalle maggiori variazioni positive di *occupati di fascia alta*.

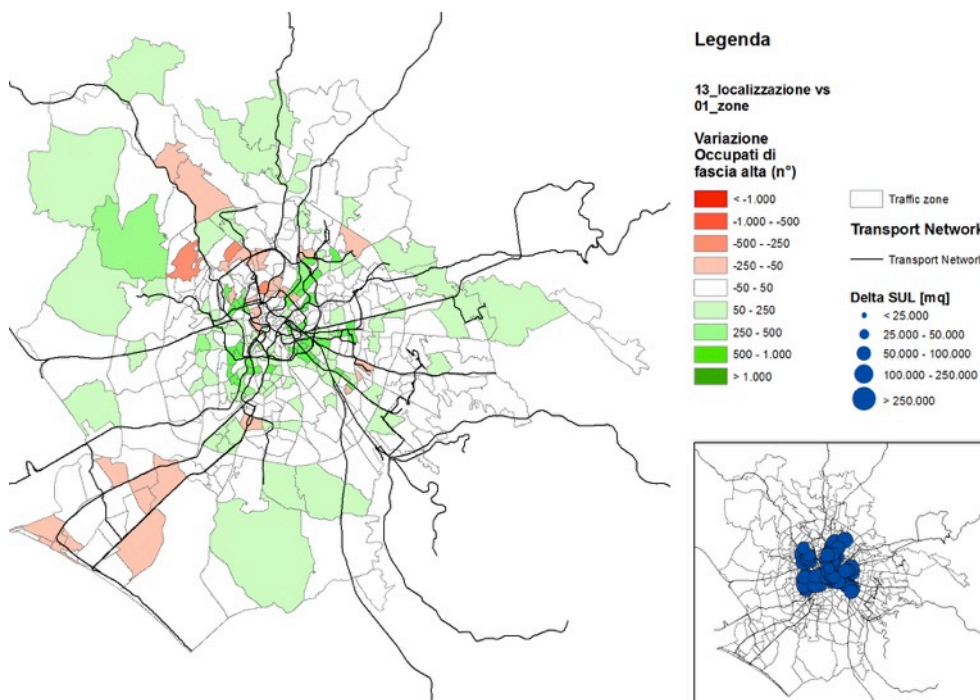


Figura 9: Variazione di Occupati di fascia alta tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

2.2.2 Variazione Occupati di fascia bassa

Per gli *occupati di fascia bassa* è evidente la tendenza a ricollocarsi nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e alla terza corona PGTU.

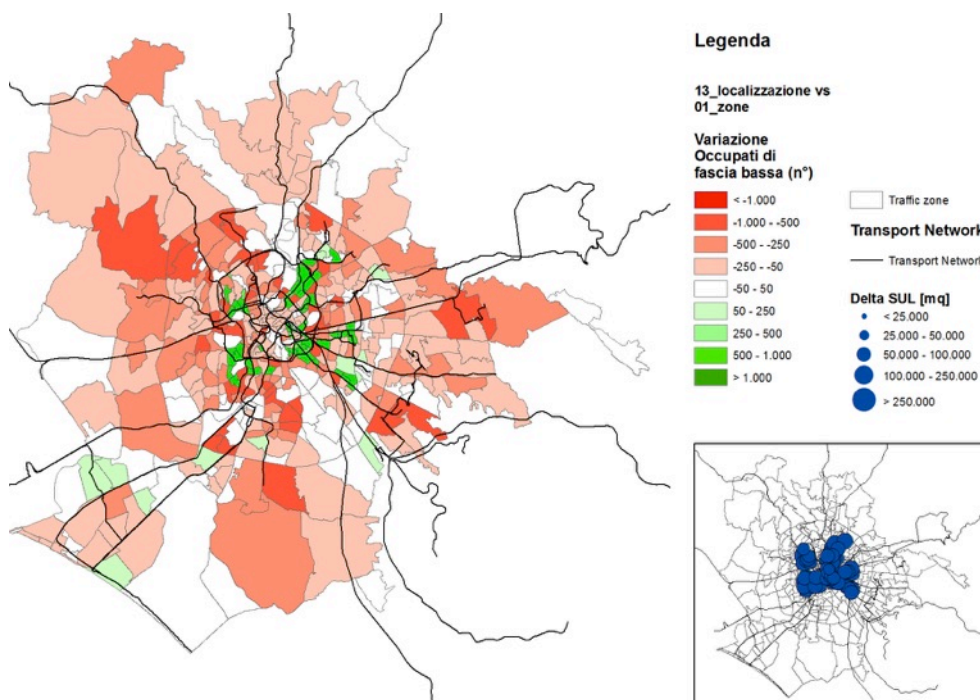


Figura 10: Variazione di Occupati di fascia bassa tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

2.2.3 Variazione Popolazione totale

La gran parte della popolazione residente a seguito della simulazione va a rilocalizzare nelle zone di traffico, appartenenti prevalentemente alla seconda e alla terza corona PGTU, in ragione della disponibilità in queste corone di nuova SUL prevista dallo scenario *Compact 02 A*.

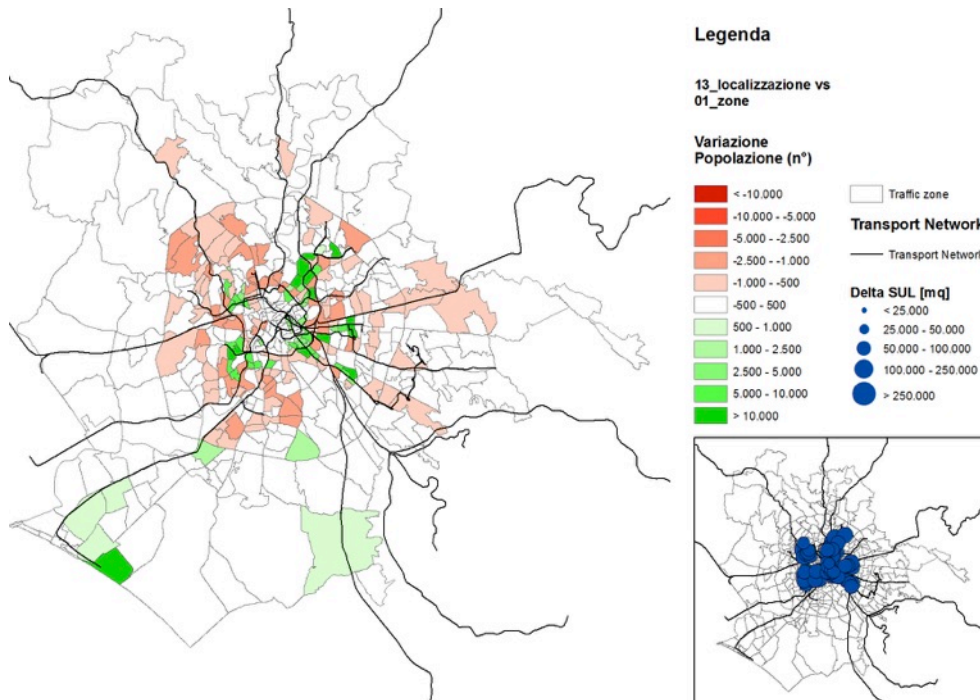


Figura 11: Variazione di Popolazione tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

2.3 Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale degli Addetti (AddCom, AddServPri, AddTot)

2.3.1 Variazione degli Addetti al Commercio

Per gli *addetti al commercio* si può notare che la gran parte delle variazioni positive sono localizzate nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e alla terza corona PGTU.

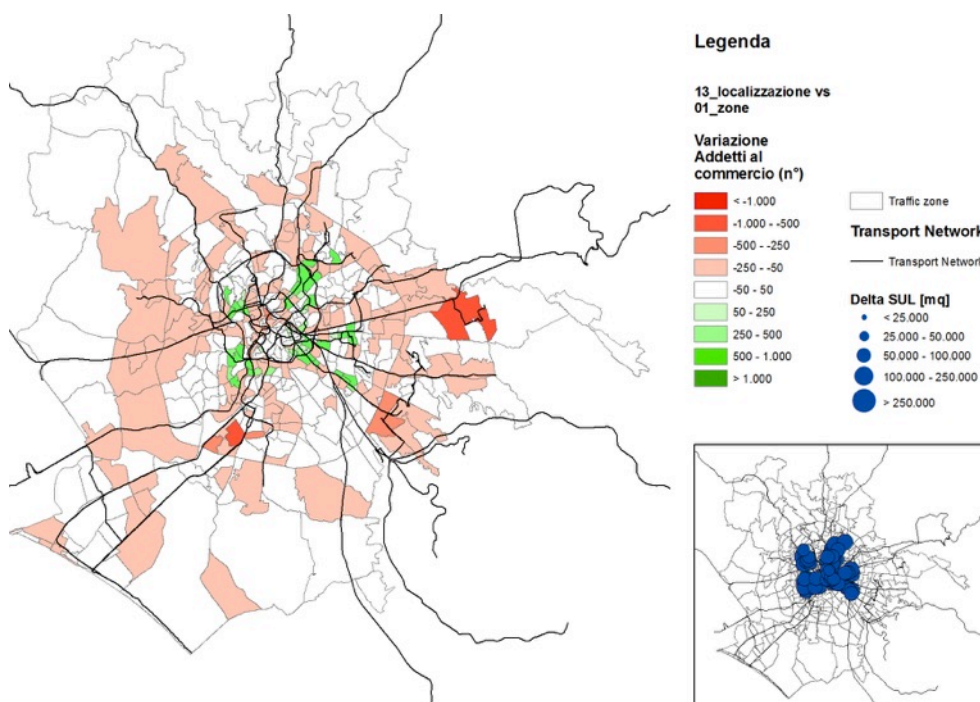


Figura 12: Variazione degli Addetti al Commercio tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C

2.3.2 Variazione degli Addetti ai Servizi Privati

Per gli *addetti ai servizi privati* come si può osservare dalla figura di seguito riportata, gli incrementi maggiori sono localizzati nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e terza corona PGTU.

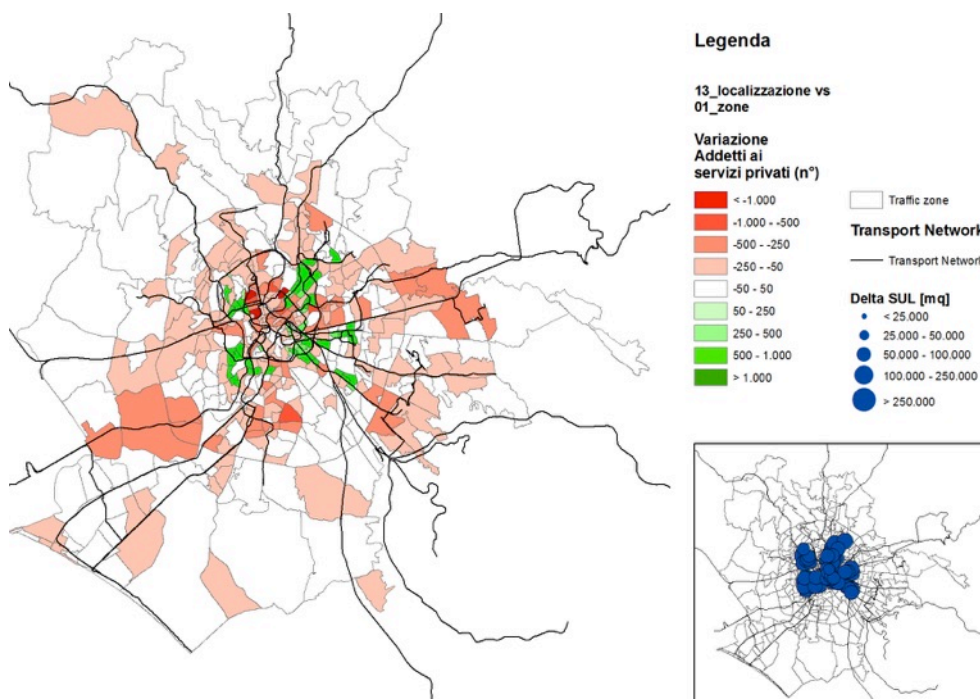


Figura 13: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

2.3.3 Variazione Addetti Totali

Valutando i risultati ottenuti dalla simulazione relativamente agli *addetti totali* è evidente la tendenza a rilocalizzare le attività prevalentemente nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e terza corona PGU.

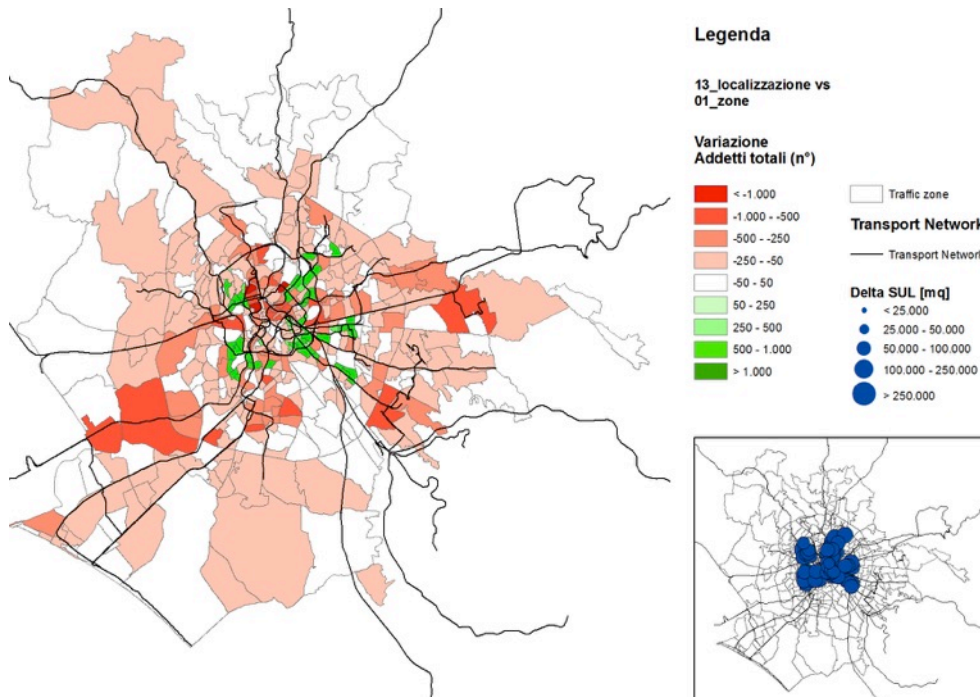


Figura 14: Variazione degli Addetti Totali tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

2.4 Analisi di dettaglio delle variazioni delle Matrici Origine-Destinazione

Nel seguente paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dal confronto tra le Matrici OD per lo scenario di Base e lo scenario Compact 01 B Simulato. Le matrici di seguito riportate sono state suddivise in base al *motivo* dello spostamento e in base al *modo* di spostamento.

2.4.1 Motivo

I valori numerici riportati nelle seguenti matrici OD indicano gli spostamenti da e per le singole corone e sono suddivisi in due motivi principali di spostamento:

- Lavoro (LPF)
- Altri motivi (ScSup, ScUni e Altro).

2.4.1.1 Spostamenti Casa-Lavoro

I risultati numerici ottenuti indicano significativi incrementi degli spostamenti casa-lavoro con origine nella seconda e terza corona PGTU, inoltre si nota un consistente incremento degli spostamenti con destinazione nella quinta corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-1.113	-29%	-287	-10%	268	37%	30	10%	56	45%	-1.047	-13%
2	314	3%	6.512	20%	4.990	58%	1.705	53%	1.380	100%	14.901	26%
3	-335	-3%	3.907	10%	7.053	15%	2.556	15%	3.548	45%	16.729	14%
4	-750	-27%	-418	-3%	-559	-3%	-5.543	-20%	1.288	15%	-5.982	-8%
5	-224	-22%	1.042	12%	13	0%	-938	-6%	-4.185	-10%	-4.291	-5%
Totale	-2.108	-7%	10.757	11%	11.765	13%	-2.190	-3%	2.086	4%	20.310	6%

Tabella 14: Confronto Matrice OD per PGTU per il motivo lavoro tra lo scenario di Base e lo scenario Compattato_01_C Simulato

2.4.1.2 Spostamenti Casa-Altri Motivi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-453	-31%	-143	-8%	297	19%	-18	-6%	40	25%	-278	-5%
2	-337	-10%	4.835	25%	3.790	26%	3	0%	561	36%	8.852	21%
3	-293	-6%	2.389	10%	6.192	11%	-1.167	-13%	888	17%	8.009	8%
4	-76	-3%	779	6%	-829	-3%	-4.900	-38%	-218	-4%	-5.244	-9%
5	739	34%	5.781	52%	6.792	34%	-106	-1%	-4.689	-20%	8.517	13%
Totale	-421	-3%	13.640	20%	16.243	14%	-6.188	-18%	-3.417	-9%	19.857	7%

Tabella 15: Matrice OD per PGTU per motivo non lavoro (ScSup, ScUni e Altro) tra lo scenario di Base e lo scenario Compattato_01_C Simulato

2.4.2 Analisi per singolo modo di trasporto

I valori numerici riportati nelle seguenti matrici OD indicano gli spostamenti da e per le singole corone e sono suddivisi in base alla modalità di spostamento :Auto, Moto, Trasporto pubblico e a Piedi.

2.4.2.1 Auto

Dall'analisi dei risultati della matrice OD di seguito riportata si nota un generale incremento degli spostamenti in auto per tutta l'area di studio .

	1		2		3		4		5		Totale	
1	0	0%	-116	-10%	-87	-7%	-37	-8%	49	21%	-192	-6%
2	0	0%	3.222	28%	3.022	24%	1.297	27%	1.545	64%	9.086	29%
3	0	0%	3.022	24%	2.893	7%	1.172	6%	3.684	32%	10.771	13%
4	0	0%	1.297	27%	-1.597	-6%	-3.169	-15%	1.038	8%	-2.431	-4%
5	0	0%	4.379	40%	4.480	18%	-242	-1%	-4.346	-10%	4.271	4%
Totale	0	0%	11.804	29%	8.710	8%	-980	-1%	1.970	3%	21.505	7%

Tabella 16: Matrice OD per PGTU per modo auto tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_01_C Simulato

2.4.2.2 Moto

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-465	-39%	-171	-26%	-28	-14%	-15	-26%	-7	-29%	-685	-32%
2	-952	-21%	284	6%	366	20%	26	5%	11	6%	-264	-2%
3	-2.221	-39%	-1.730	-23%	-311	-6%	-855	-34%	-88	-11%	-5.205	-24%
4	-1.388	-53%	-1.679	-39%	-921	-26%	-637	-23%	-270	-25%	-4.895	-34%
5	-709	-58%	-1.254	-45%	-1.040	-38%	-841	-47%	-483	-19%	-4.327	-39%
Totale	-5.735	-37%	-4.549	-22%	-1.933	-14%	-2.323	-30%	-836	-18%	-15.376	-25%

Tabella 17: Matrice OD per PGTU per modo moto tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_01_C Simulato

2.4.2.3 Trasporto pubblico

Per questa modalità di spostamento, si può notare dai risultati di seguito riportati, un generale incremento degli spostamenti con il trasporto pubblico per tutte le corone di traffico.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-535	-20%	-43	-2%	680	83%	64	77%	54	162%	220	4%
2	1.057	12%	2.449	9%	5.108	59%	385	44%	384	115%	9.383	21%
3	1.593	16%	3.681	12%	5.908	18%	646	15%	840	90%	12.668	16%
4	561	23%	951	13%	1.053	10%	-2.822	-39%	305	34%	48	0%
5	1.224	62%	3.698	58%	3.366	53%	40	2%	-1.756	-21%	6.572	26%
Totale	3.901	15%	10.735	15%	16.114	27%	-1.687	-12%	-173	-2%	28.891	16%

Tabella 18: Matrice OD per PGTU per modo trasporto pubblico tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_01_C Simulato

2.4.2.4 Piedi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-567	-39%	-100	-51%	0	0%	0	0%	0	0%	-668	-41%
2	-128	-50%	5.391	59%	285	75%	0	0%	0	0%	5.548	57%
3	0	0%	153	43%	4.755	21%	-64	-60%	0	0%	4.844	21%
4	0	0%	0	0%	77	29%	-3.597	-41%	-2	-54%	-3.522	-39%
5	0	0%	0	0%	0	0%	-1	-27%	-2.289	-23%	-2.290	-23%
Totale	-696	-41%	5.444	56%	5.117	22%	-3.662	-42%	-2.291	-23%	3.913	7%

Tabella 19: Matrice OD per PGTU per modo piedi tra lo scenario di Base e lo scenario Compatto_01_C Simulato

2.4.3 Ripartizione modale totale e (in Entrata e in Uscita) per PGTU

Nel seguente paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dal confronto tra le Matrici modali dello scenario di Riferimento e dello scenario *Compatto_01_C Simulato*, in particolare i valori numerici sono relativi al numero di spostamenti in Uscita e in Entrata dalle corone PGTU per diverso modo di trasporto.

2.4.3.1 In Uscita

Dall'analisi dei valori ottenuti dalla simulazione dello scenario si nota che i maggiori incrementi di spostamenti si hanno per l'auto e per il trasporto pubblico in uscita dalla seconda e terza corona PGTU.

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	3.088	2.113	6.252	1.638	13.090
2	31.265	12.067	45.485	9.758	98.576
3	97.048	21.580	78.167	22.821	219.616
4	76.304	14.034	28.670	8.985	127.994
5	100.963	11.126	24.950	10.079	147.118
Totale	308.669	60.920	183.525	53.281	606.395

Tabella 20: Ripartizione modale Scenario di Base per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	2.896	1.427	6.473	970	11.766
2	40.352	11.803	54.868	15.306	122.329
3	108.989	16.865	90.835	27.666	244.355
4	73.665	8.921	28.718	5.463	116.768
5	105.234	6.800	31.522	7.789	151.344
Totale	331.136	45.816	212.415	57.194	646.561

Tabella 21: Ripartizione modale Scenario Compatto_01_C Simulato per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-192	-686	221	-668	-1.324
2	9.087	-264	9.383	5.548	23.753
3	11.941	-4.715	12.668	4.845	24.739
4	-2.639	-5.113	48	-3.522	-11.226
5	4.271	-4.326	6.572	-2.290	4.226
Totale	22.467	-15.104	28.890	3.913	40.166

Tabella 22: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-6%	-32%	4%	-41%	-10%
2	29%	-2%	21%	57%	24%
3	12%	-22%	16%	21%	11%
4	-3%	-36%	0%	-39%	-9%
5	4%	-39%	26%	-23%	3%
Totale	7%	-25%	16%	7%	7%

Tabella 23: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

2.4.3.2 In Entrata

Per la domanda di spostamenti in entrata si registrano incrementi per gli spostamenti in auto nella quinta corona e per il trasporto pubblico nella terza corona PGU.

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	15.306	25.839	1.699	42.844
2	62.474	20.398	73.096	9.669	165.637
3	108.204	13.656	59.419	23.014	204.293
4	68.374	6.894	14.614	8.819	98.701
5	69.617	4.666	10.556	10.081	94.920
Totale	308.669	60.920	183.525	53.281	606.395

Tabella 24: Ripartizione modale Scenario di Base per corone PGU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	9.571	29.741	1.003	40.315
2	75.241	15.849	83.831	15.113	190.034
3	116.914	11.723	75.534	28.131	232.301
4	67.395	4.843	12.927	5.157	90.323
5	71.587	3.830	10.383	7.789	93.589
Totale	331.136	45.816	212.415	57.194	646.561

Tabella 25: Ripartizione modale Scenario Compatto_01_C per corone PGU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	-5.821	4.159	-608	-2.270
2	4.906	-5.681	2.582	2.599	4.406
3	-212	-2.615	10.370	1.800	9.344
4	3.279	-1.770	-878	-3.196	-2.565
5	19.509	-110	657	-1.473	18.582
Totale	27.481	-15.997	16.890	-878	27.497

Tabella 26: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0%	-38%	16%	-36%	-5%
2	8%	-28%	4%	27%	3%
3	0%	-19%	17%	8%	5%
4	5%	-26%	-6%	-36%	-3%
5	28%	-2%	6%	-15%	20%
Totale	9%	-26%	9%	-2%	5%

Tabella 27: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto_01_C

3. Analisi dell'elasticità del modello di simulazione (13_Loc. vs. 14_zone etc)

3.1 Variazione di Popolazione

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	10.683	18.911	60.488
2	59.020	168.150	449.462
3	90.387	363.826	952.964
4	47.851	214.205	528.610
5	58.594	243.162	620.452
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976

Tabella 28: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_01_C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	9.731	14.485	49.007
2	63.700	212.135	520.286
3	92.789	397.998	1.000.387
4	45.445	175.201	457.570
5	54.870	208.435	584.726
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976

Tabella 29: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_01_C simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-952	-4.425	-11.481
2	4.679	43.985	70.824
3	2.403	34.172	47.422
4	-2.406	-39.005	-71.040
5	-3.724	-34.727	-35.726
Totale	0	0	0

Tabella 30: Variazione della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario Compatto_01_C simulato e lo scenario Compatto 01 C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-9%	-23%	-19%
2	8%	26%	16%
3	3%	9%	5%
4	-5%	-18%	-13%
5	-6%	-14%	-6%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 31: Variazione percentuale della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario Compatto_01_C simulato e lo scenario Compatto_01_C non simulato

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello scenario *Compatto_01_C* in merito alla popolazione residente nell'area di studio, si nota che è accentuata ulteriormente la tendenza per i residenti ad insediarsi nelle zone di traffico appartenenti alla seconda e alla terza corona PGTU, dove è concentrata tutta la nuova SUL.

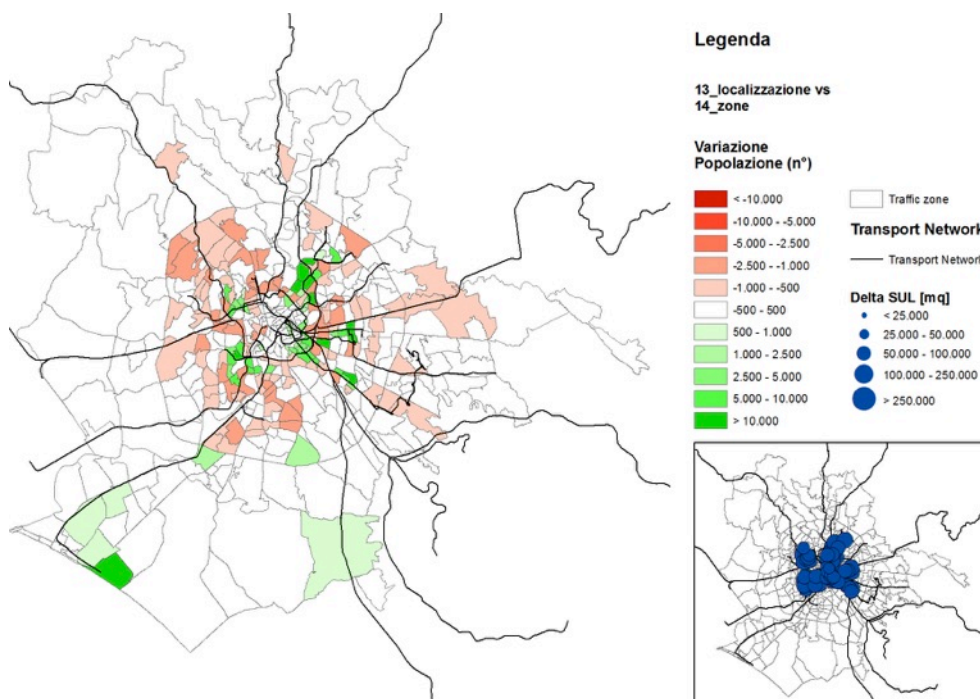


Figura 15: Variazione della popolazione residente per zona di traffico a seguito della simulazione

3.1.1 Variazione Occupati di fascia Alta

All'interno dell'area di studio si registra una diminuzione complessiva del numero di *occupati di fascia alta* di circa 9.000 unità, in particolare tali valori negativi si registrano nella quarta e quinta corona PGTU.

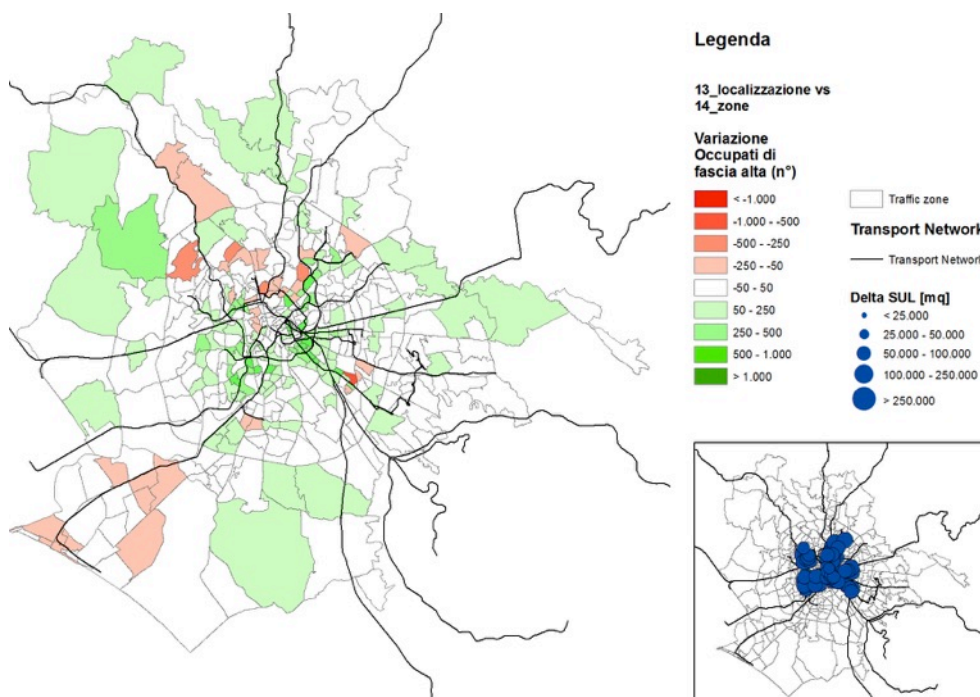


Figura 16: Variazione degli Occupati Alti per zona di traffico a seguito della simulazione

3.1.2 Occupati di fascia Bassa

Osservando la figura di seguito riportata si può notare che la maggior parte delle zone di traffico interessate da redistribuzione positiva di *Occupati di fascia bassa* a seguito della simulazione sono localizzate nella seconda e terza corona PGTU.

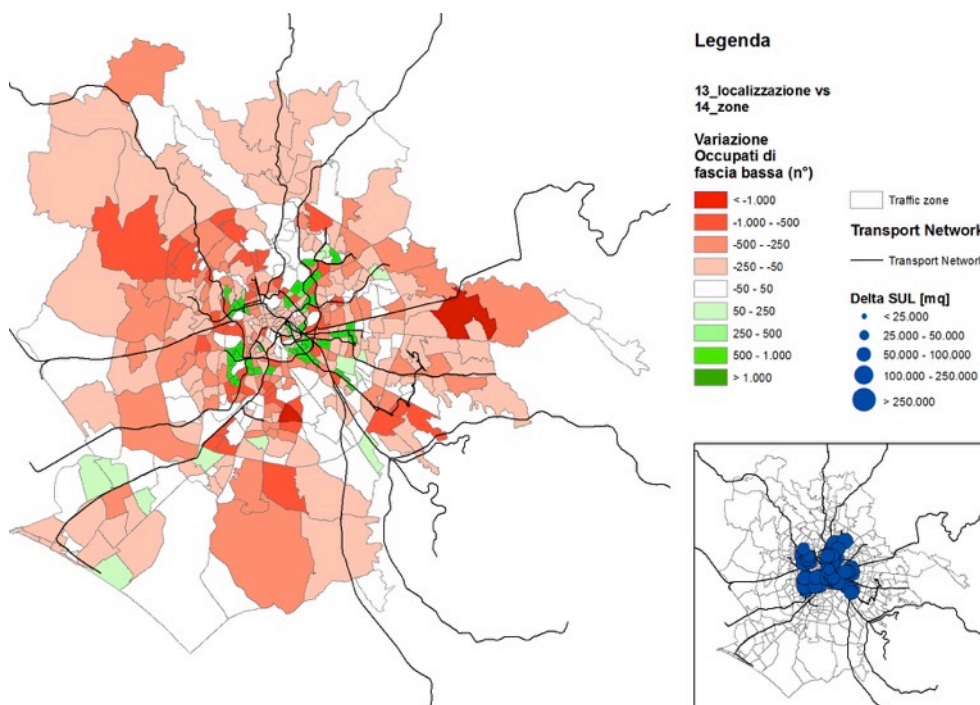


Figura 17: Variazione degli Occupati Bassi per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2 Variazione di Addetti

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	52.916	10.632	103.968
2	208.176	41.768	379.532
3	157.999	59.082	352.759
4	92.069	38.563	232.372
5	72.307	40.103	206.209
Totale	583.467	190.148	1.274.839

Tabella 32: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario di Base

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	46.643	8.593	95.443
2	219.250	51.975	401.720
3	175.008	66.548	377.903
4	78.665	30.596	210.277
5	63.900	32.437	189.496
Totale	583.467	190.148	1.274.839

Tabella 33: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_01_C

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-6.272	-2.040	-8.525
2	11.075	10.207	22.188
3	17.009	7.466	25.144
4	-13.405	-7.966	-22.095
5	-8.407	-7.666	-16.713
Totale	0	0	0

Tabella 34: Variazione Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_01_C

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-12%	-19%	-8%
2	5%	24%	6%
3	11%	13%	7%
4	-15%	-21%	-10%
5	-12%	-19%	-8%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 35: Variazione percentuale Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario Compatto_01_C

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello *Scenario Compact 01 B* per gli *Addetti Totali* localizzati all'interno dell'area di studio, si può osservare dai dati numerici riportati nelle precedenti tabelle, che le corone PGTU interessate da un loro incremento, a seguito della redistribuzione effettuata dal modello, sono la seconda e la terza, mentre la quarta e la quinta corona PGTU sono interessate da una diminuzione.

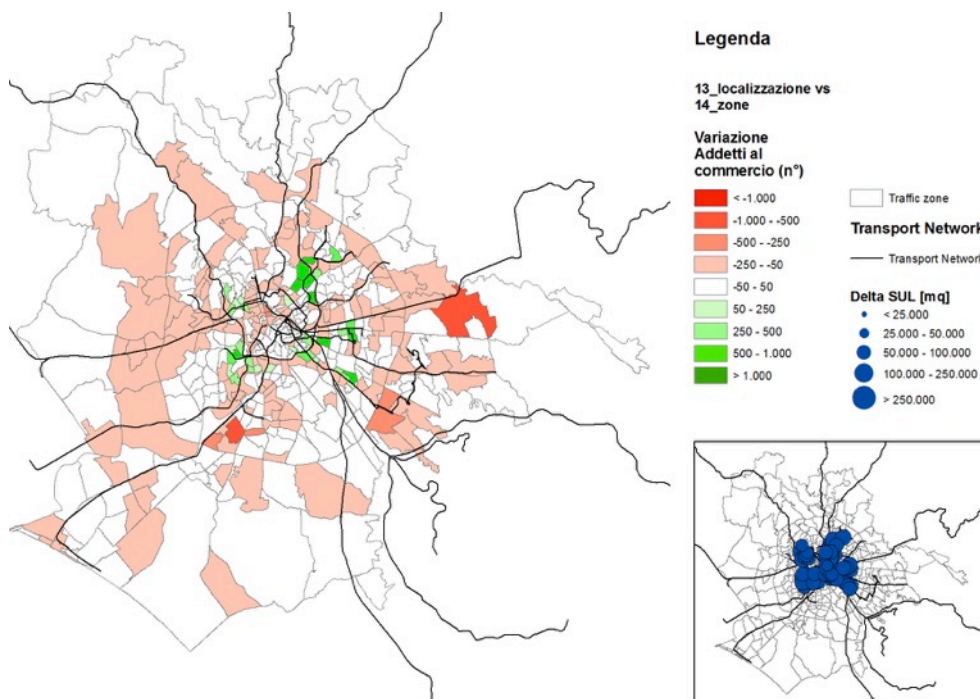


Figura 18: Variazione degli Addetti Totali per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.1 Addetti al Commercio

Con la simulazione gli *Addetti al Commercio* diminuiscono all'interno della quarta corona e all'interno della quinta corona, mentre si registrano incrementi positivi nella seconda e nella terza corona PGTU.

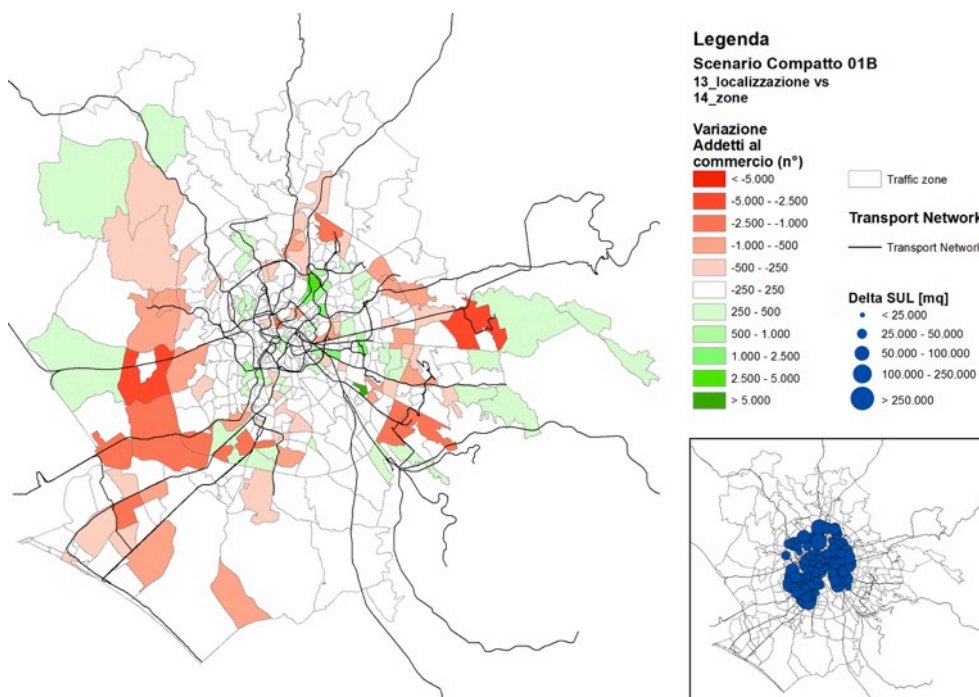


Figura 19: Variazione degli Addetti al Commercio per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.2 Addetti ai Servizi Privati

A seguito della simulazione, il modello ridistribuisce un maggiore numero di *Addetti ai Servizi Privati* nella seconda e terza corona, mentre si registra una diminuzione nelle restanti corone, in particolare nella quarta e quinta corona PGTU.

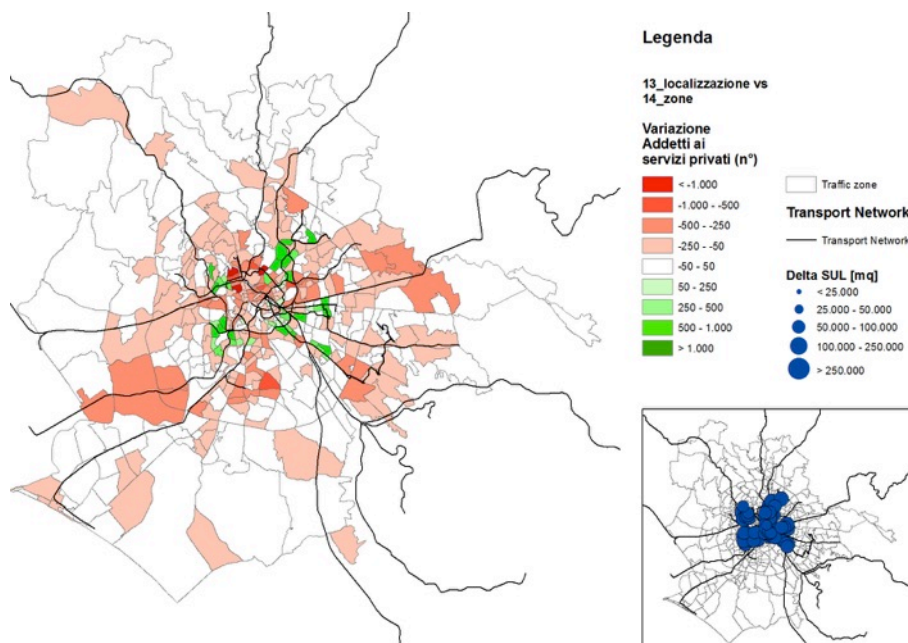


Figura 20: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati per zona di traffico a seguito della simulazione

4. Analisi di sostenibilità urbana

Gli scenari di sviluppo urbano della città di Roma sono stati valutati mediante la definizione e la stima di un set di indicatori volti a testare sistematicamente la sostenibilità ambientale, economica e sociale delle diverse alternative di sviluppo urbano. Tali indicatori sono stati calcolati per ciascuno scenario e successivamente comparati con lo scenario di base (2011) e lo scenario PRG. Nella seguente tabella si riportano gli indicatori utilizzati in questo studio suddivisi per categorie.

Sostenibilità	Indicatori	Unità di misura
Economica	Tempi medi in auto in uscita (pesati sulla domanda di mobilità)	Minuti
	Tempi medi con il tp in uscita (pesati sulla domanda di mobilità)	Minuti
	Costi totali di costruzione	Euro
Ambientale	Consumo di suolo	Metri quadri
	Residenti e posti di lavoro nel centro città	Attività/ettaro
	Spostamenti in auto, moto, tp, piedi	Utenti/ora di punta
	Share modale auto, moto, tp, piedi	%
	Veicoli.km	Km/ora di punta
	Emissioni di CO2 derivanti dall'uso dell'auto	Tonnellate/ora di punta
	Consumo di energia derivante dall'uso dell'auto	MJ/ora di punta
	Distanze medie percorse in auto in uscita (pesate sulla domanda di mobilità)	km
Sociale	Accessibilità ai posti di lavoro con l'auto	Adimensionale
	Accessibilità ai posti di lavoro con il trasporto pubblico	Adimensionale
	Diseguaglianza nella distribuzione dell'accessibilità del tp (Coefficiente di Gini)	Adimensionale

Tabella 36: Indicatori di sostenibilità ambientale, economica e sociale

Il sistema di indicatori appena descritto utilizza come input i risultati di un sistema di modelli di interazione trasporti-territorio denominato STIT (Coppola & Nuzzolo, 2011) in cui viene simulato esplicitamente non solo l'impatto che la distribuzione delle attività urbane sul territorio (prevalentemente residenze, servizi e attività commerciali) ha sulla domanda di spostamento e quindi sulle prestazioni dell'offerta di trasporto ma, anche il feedback inverso, vale a dire come le variazioni di offerta di trasporto, ovvero di accessibilità delle zone, modificano la convenienza localizzativa delle zone e quindi inducono, nel lungo periodo, variazioni della distribuzione delle residenze e di alcune attività che a loro volta inducono variazioni di domanda di spostamento. Il sistema di modelli in questione è stato applicato in diversi contesti territoriali per la previsione degli impatti di lungo periodo che alcune modifiche significative dell'offerta di trasporto (ad esempio la realizzazione di nuove strade e/o di linee metropolitane) hanno sulla domanda di mobilità in un ambito urbano (Nuzzolo & Coppola, 2007; Coppola et al., 2013; Coppola et al., 2014)

4.1 Sostenibilità economica

Per quanto concerne la dimensione economica della sostenibilità si è provveduto in primo luogo alla definizione di indicatori rappresentativi delle performance delle reti di trasporto, quali i tempi medi di spostamento in uscita per auto T_{medio}^{auto} e trasporto pubblico T_{medio}^{tp} , pesati rispetto alla domanda di mobilità d_{od} :

$$T_{medio}^{auto} = \sum_o \frac{\sum_d t_{od}^{auto} \cdot d_{od}^{auto}}{\sum_d d_{od}^{auto}}$$

$$T_{medio}^{tp} = \sum_o \frac{\sum_d t_{od}^{tp} \cdot d_{od}^{tp}}{\sum_d d_{od}^{tp}}$$

$$t_{od}^{tp} = t_{od}^{attesa} + t_{od}^{bordo} + t_{od}^{trasbordo}$$

Una riduzione dei tempi di spostamento nelle aree urbane è infatti generalmente associata ad un incremento della produttività delle imprese presenti sul territorio, vista l'incidenza dei costi di trasporto sul costo di produzione di beni e servizi (Small, 2013). Una riduzione dei tempi di spostamento può avere anche impatti positivi sulla produttività degli individui. In particolar modo una riduzione dei costi del pendolarismo permette agli individui di disporre di più tempo da dedicare ad un secondo lavoro o ai propri bisogni, organizzare la giornata in maniera più flessibile con meno stress, e dunque essere più produttivi (Shires e De Jong, 2009).

In tabella 37 sono riportati i tempi medi di spostamento per auto e trasporto pubblico per le cinque corone concentriche in cui è stata suddivisa l'area di studio. Sono state valutate inoltre le variazioni percentuali rispetto allo scenario di base e rispetto allo scenario PRG_C. Sia i tempi di spostamento in auto che con il trasporto pubblico aumentano a mano a mano che ci si muove dalla prima alla quinta corona. Essi risultano inoltre complessivamente minori dei corrispettivi tempi medi calcolati per lo scenario di base e per lo scenario PRG. Tuttavia se si osservano in dettaglio la variazione dei tempi auto e dei tempi relativi al trasporto pubblico è possibile verificare che nelle corone centrali, in cui sono previsti i nuovi insediamenti residenziali, si registrano tempi generalmente minori rispetto allo scenario PRG. All'opposto nella quinta corona i tempi dello scenario compatto risultano essere maggiori dei corrispettivi tempi nello scenario PRG. I residenti delle aree periferiche nello scenario compatto impiegano mediamente infatti un tempo maggiore per raggiungere le attività (luoghi di lavoro, commercio e leisure) che si concentrano prevalentemente nelle zone interne al GRA.

I tempi di spostamento in uscita in auto e con il trasporto pubblico per i tre scenari sono rappresentati in figura 21 (tempi auto) e in figura 22 (tempi trasporto pubblico).

PGTU	Scenario		vs Base		vs PRG_C	
	Tempi medi auto in uscita	Tempi medi tp in uscita	Tempi medi auto in uscita	Tempi medi tp in uscita	Tempi medi auto in uscita	Tempi medi tp in uscita
	minuti	minuti	%	%	%	%
1	22,0	15,6	-18,9%	-2,4%	-3,2%	4,7%
2	21,7	19,2	-19,3%	-4,9%	-5,1%	-3,7%
3	24,1	23,5	-22,1%	-13,0%	-3,1%	-4,9%
4	25,4	32,8	-24,4%	-8,7%	-0,8%	1,2%
5	35,8	49,0	-22,6%	-2,2%	8,2%	8,3%
scenario	27,8	27,2	-23,1%	-7,8%	-2,3%	-3,6%

Tabella 37: Tempi medi in uscita per auto e tp e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

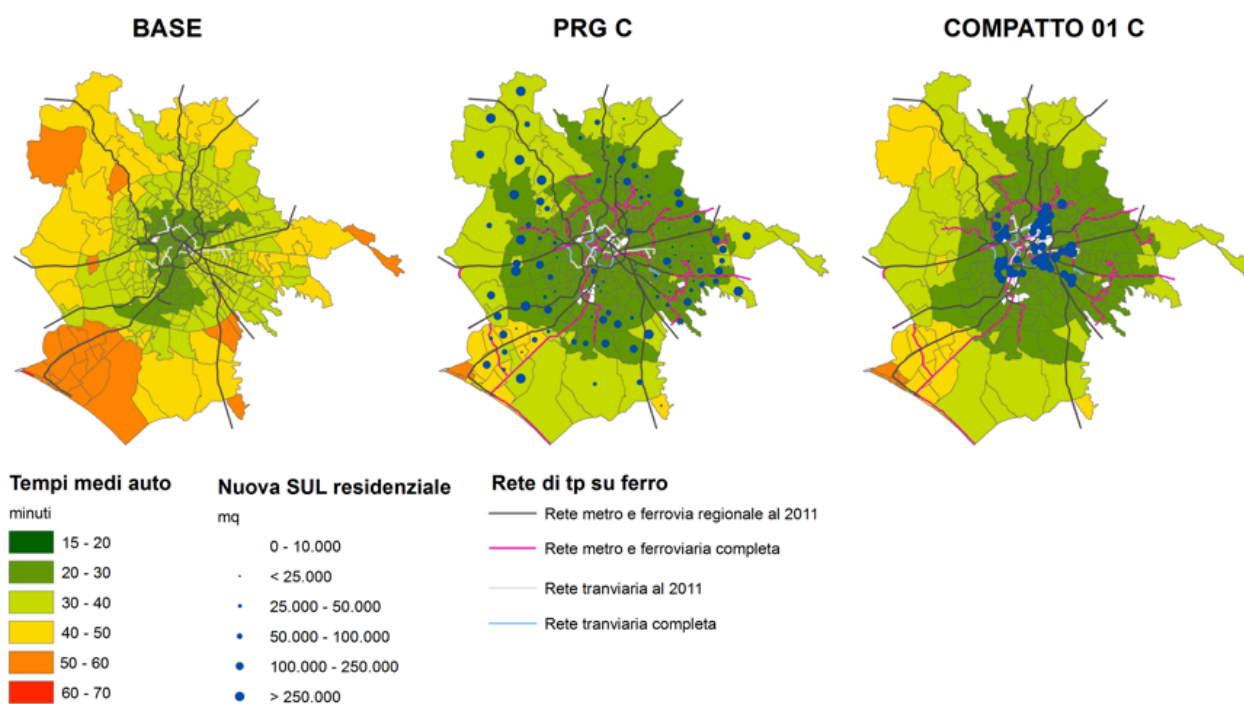


Figura 21: Tempi medi auto in uscita scenari Compatto_01_C, PRG_C e Base

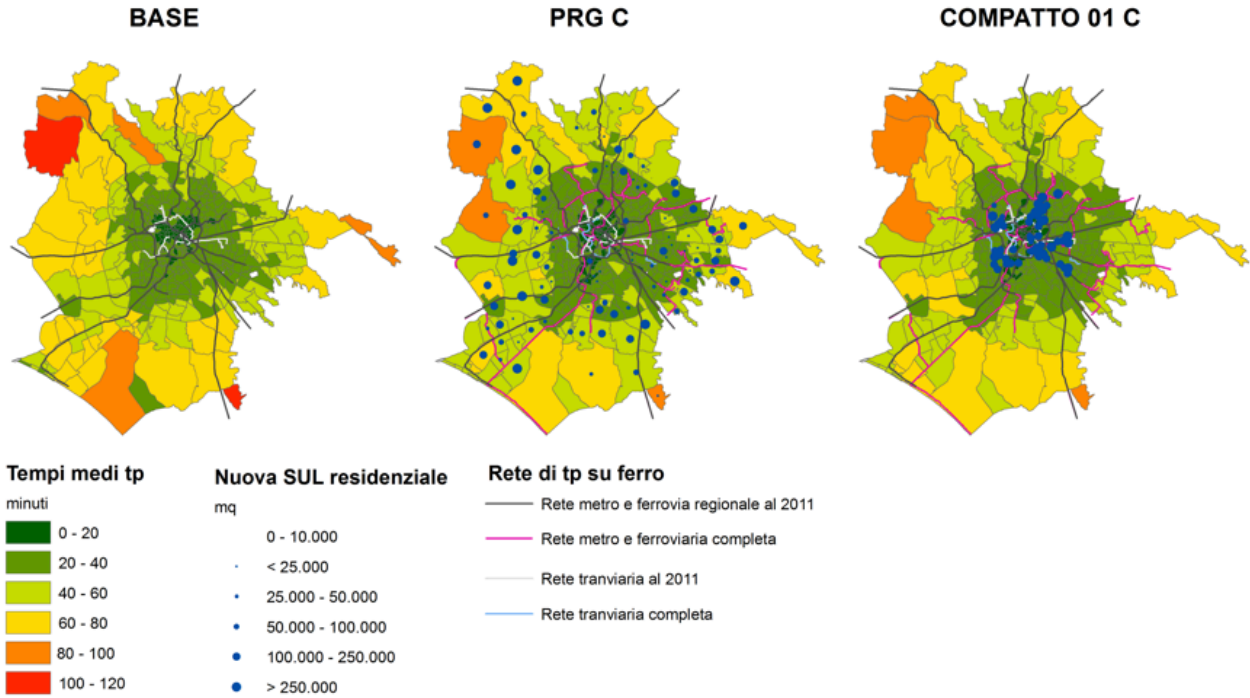


Figura 22: Tempi medi trasporto pubblico (tp) in uscita scenari Compatto_01_C, PRG_C e Base

Un ulteriore indicatore economico preso in considerazione è il costo di costruzione C_{costr}^{tot} per nuove infrastrutture C_{costr}^{infra} e nuovi insediamenti C_{costr}^{ins} :

$$C_{costr}^{tot} = C_{costr}^{infra} + C_{costr}^{ins}$$

Il costo di costruzione delle infrastrutture è stato stimato attraverso un'analisi parametrica. Per ciascuna tipologia di infrastruttura considerata, il costo è ottenuto moltiplicando la lunghezza dell'infrastruttura viaria l_{infra} per il corrispettivo costo unitario c_{costr}^{infra} :

$$C_{costr}^{infra} = l_{infra} \cdot c_{costr}^{infra}$$

$$c_{costr}^{infra} = f(\text{tipologia infrastruttura})$$

Per i costi unitari della rete metropolitana e della rete di tram si è fatto riferimento ai documenti redatti dal CIPE, dalla Camera dei Deputati e dalla società Roma Metropolitane (CIPE; 2004; Camera dei Deputati, 2009; Roma Metropolitane, 2012). Per i costi di realizzazione delle strade si è fatto riferimento ad uno studio prodotto dall'Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici (AVCP, 2006).

Il costo degli insediamenti si compone di tre voci: i) costi di costruzione propri¹; ii) costi di acquisizione dei suoli e iii) costi di urbanizzazione:

$$C_{costr}^{ins} = C_{propri} + C_{acq.suoli} + C_{urb}$$

I costi di costruzione propri sono stati stimati in maniera parametrica, moltiplicando la Superficie Utile Lorda SUL per il corrispettivo costo unitario c_{costr}^{ins} , quest'ultimo funzione della tipologia edilizia considerata:

$$SUL \cdot c_{costr}^{ins}$$

$$c_{costr}^{ins} = f(\text{tipologia edilizia})$$

¹ Costi di realizzazione del manufatto edilizio comprensivi di spese generali ed utili delle imprese.

I costi di costruzione unitari per le diverse tipologie edilizie sono stati ricavati dal Bollettino Prezzi Tipologie Edilizie (Collegio degli Ingegneri ed Architetti di Milano, 2012).

I costi di acquisizione dei suoli sono stati stimati tenendo conto delle Superfici Territoriali ST da acquisire per la realizzazione della trasformazione immobiliare. I costi dei suoli al mq $c_{aq.suoli}^{mq}$ variano in funzione della localizzazione e sono stati definiti a partire da un'indagine di mercato sui valori dei suoli edificabili condotta dal gruppo di ricerca nel 2014.

$$C_{aq-suoli} = ST \cdot c_{aq.suoli}^{mq}$$

$$c_{aq-suoli}^{mq} = f(localizzazione)$$

I costi di urbanizzazione sono stati stimati come una aliquota dei costi di costruzione. Tale aliquota è minima per le aree già urbanizzate o parzialmente urbanizzate, mentre è massima per le aree periferiche in cui i costi di realizzazione delle infrastrutture civili sono generalmente più elevati (Hortas-Rico & Solé-Ollé, 2010).

$$C_{urb} = k \cdot C_{propri}$$

$$0.05 < k < 0.2$$

$$k = f(localizzazione)$$

In tabella 38 vengono riportati i costi di costruzione che risultano essere del 3% maggiori dei costi dello scenario PRG_C. Questa piccola differenza è dovuta alla localizzazione dei nuovi interventi in aree più centrali rispetto allo scenario PRG_C.

Scenario			vs PRG_C
Costi edilizia	Costi infrastrutture	Costi totali	Costi totali
Mil. euro	Mil. euro	Mil. euro	%
9.483,16	13.437,15	22.920,32	3,0%

Tabella 38: Costi per la realizzazione di nuovi insediamenti e nuove infrastrutture e confronto con lo scenario PRG_C

4.2 Sostenibilità ambientale

La componente ambientale della sostenibilità è stata misurata in primo luogo in termini di consumo di suolo, ovvero valutando la perdita di aree libere necessarie alla realizzazione delle nuove infrastrutture C_{suolo}^{infra} e dei nuovi insediamenti C_{suolo}^{ins} :

$$C_{suolo}^{tot} = C_{suolo}^{infra} + C_{suolo}^{ins}$$

Il consumo di suolo per la realizzazione di infrastrutture di trasporto è stato calcolato come il prodotto della lunghezza dell'infrastruttura di trasporto considerata l_{infra} per la larghezza della sezione s_{infra} . Quest'ultima differenziata in funzione della tipologia di infrastruttura di trasporto presa in considerazione. Il consumo di suolo per la realizzazione dei nuovi insediamenti è funzione delle tipologie edilizie considerate:

$$C_{suolo}^{ins} = f(\text{tipologia edilizia})$$

In tabella 39 è riportato il consumo di suolo per lo scenario in analisi ed un confronto con lo scenario PRG_C. Il consumo di suolo dello scenario Compatto risulta essere minore dell'11% rispetto allo scenario PRG_C in virtù delle tipologie edilizie presenti, caratterizzate da un numero maggiore di piani (a parità di SUL totale).

Scenario			vs PRG_C
<i>C. suolo edilizia</i>	<i>C. suolo infrastrutture</i>	<i>C. suolo totale</i>	<i>C. suolo totale</i>
Mil. mq	Mil. mq	Mil. mq	%
1,32	5,58	6.89	-11,2%

Tabella 39: Consumo di suolo per la realizzazione di nuovi insediamenti e nuove infrastrutture e confronto con lo scenario PRG_C

In secondo luogo, al fine di monitorare il livello di congestione nelle aree centrali, si è tenuto in conto delle densità medie residenziali e di addetti nelle prime tre corone dell'area di studio:

$$Densità_{centro}^{attività} = \frac{\sum_i^n Pop_i + \sum_i^n Add_i}{\sum_i^n ST_i}$$

Con Pop_i ed Add_i , rispettivamente la popolazione residente e gli addetti insediati nella generica zona i .

I risultati in tabella 40 mostrano un significativo incremento di attività nelle aree centrali sia rispetto allo scenario di base che allo scenario PRG_C. Ciò è dovuto ad una maggiore disponibilità di superfici residenziali nello scenario considerato che determina inoltre una ri-localizzazione delle attività, in particolare di quelle commerciali in prossimità delle nuove abitazioni.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>
attività/ettaro	%	%
222,4	18,2%	35,0%

Tabella 40: Densità di attività nelle prime tre corone e confronto con gli scenari PRG_C e Base

Un ulteriore indicatore ambientale è rappresentato dalle distanze percorse in auto, calcolate in termini di veicoli.km:

$$Veicoli.km = \frac{\sum_d dist_{od}^{auto} \cdot d_{od}^{auto}}{g_{occ}}$$

Per il calcolo dei veicoli.km si è considerato un grado di occupazione del veicolo g_{occ} pari a 1,67 passeggeri/veicolo (EEA, 2010).

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>
veicoli.km	veicoli.km	veicoli.km
6.243.992	-17,8%	-14,5%

Tabella 41: Veicoli.km e confronto con gli scenari PRG_C e Base

Come è possibile osservare dalla tabella, lo scenario di analisi presenta una sensibile riduzione dei veicoli.km sia rispetto sia allo scenario di base che allo scenario PRG_C. Ciò è dovuto, come è intuibile anche dalla tabella 41, ad una minore distanza tra residenze e luoghi di lavoro.

A partire dai Veicoli.km, sono state stimate le esternalità ambientali associate all'uso dell'auto, calcolate in termini di emissioni di CO₂ e consumi energetici:

$$Emissioni_{CO_2}^{auto} = Veicoli.km \cdot k_{emissioni}$$

$$Consumi_{energia}^{auto} = Veicoli.km \cdot k_{consumi}$$

Con $k_{emissioni}$ e $k_{consumi}$ due coefficienti rappresentativi rispettivamente delle emissioni e dei consumi di CO₂ per km.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>
GJ	GJ	GJ
28.847	-17,8%	-14,5%

Tabella 42: Consumi energetici derivanti dall'uso dell'auto e confronto con gli scenari PRG_C e Base.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
<i>Emissioni CO₂</i>	<i>Emissioni CO₂</i>	<i>Emissioni CO₂</i>
t	T	t
547	-17,8%	-14,5%

Tabella 43: Emissioni di CO₂ derivanti dall'uso dell'auto e confronto con gli scenari PRG_C e Base

Oltre ai veicoli.km, sono state calcolate le distanze medie in uscita percorse in auto per le cinque corone e per l'intera area di studio:

$$Dist_{media}^{auto} = \sum_o \frac{\sum_d dist_{od}^{auto} \cdot d_{od}^{auto}}{\sum_d d_{od}^{auto}}$$

	Scenario	vs Base	vs PRG_C
PGTU	<i>Distanze medie auto in uscita</i>	<i>Distanze medie auto in uscita</i>	<i>Distanze medie auto in uscita</i>

	km	%	%
1	8,8	6,4%	-7,2%
2	9,2	7,8%	-8,6%
3	11,3	11,6%	-7,5%
4	14,2	13,1%	-3,6%
5	21,2	11,7%	4,0%
scenario	14,8	10,2%	-8,3%

Tabella 44: Distanze medie in uscita percorse in auto e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

I dati riportati nelle tabelle mostrano chiaramente un incremento delle distanze medie percorse rispetto allo scenario di base ed una riduzione rispetto allo scenario PRG.

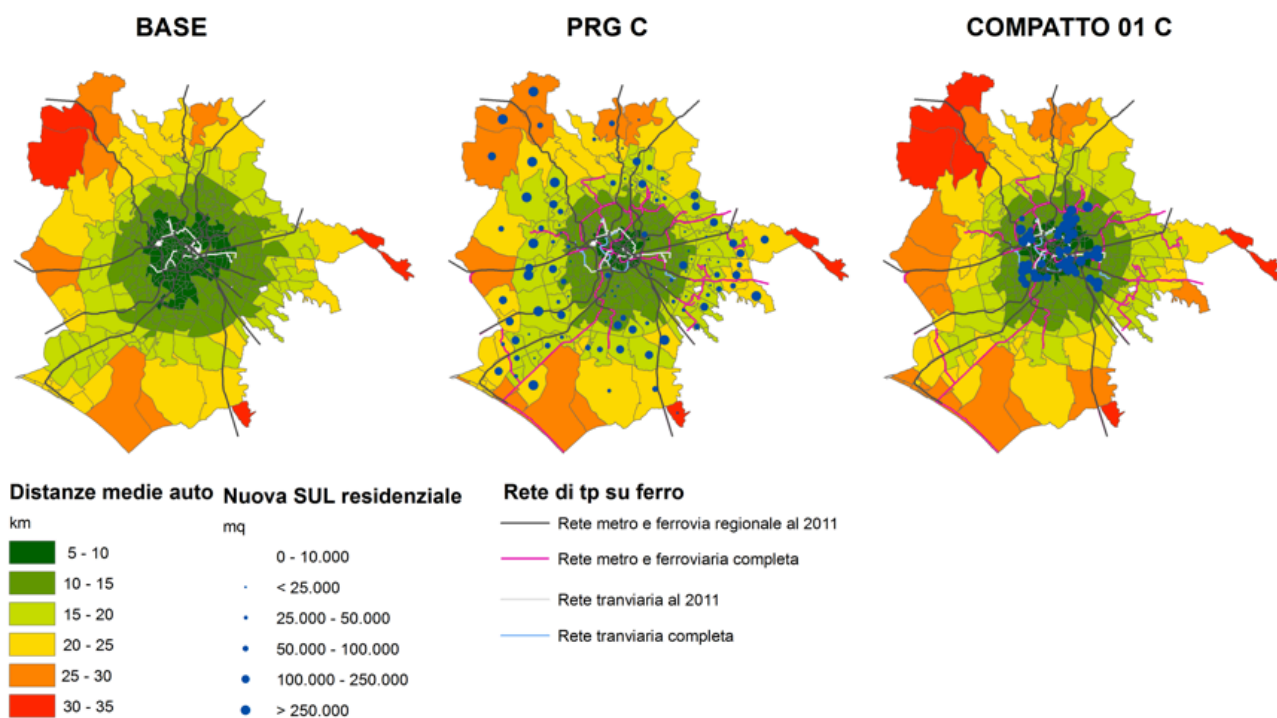


Figura 23: Distanze medie in uscita percorse in auto, scenari Compatto_01_C, PRG_C e Base

Sono stati infine calcolati gli spostamenti totali in auto e moto, con il trasporto pubblico e a piedi:

$$d_{auto} = \sum_d d_{od}^{auto}; \quad d_{moto} = \sum_d d_{od}^{moto}; \quad d_{tp} = \sum_d d_{od}^{tp} \quad ; \quad d_{piedi} = \sum_d d_{od}^{piedi}$$

Scenario			
<i>Spostamenti auto</i>	<i>Spostamenti tp</i>	<i>Spostamenti piedi</i>	<i>Spostamenti moto</i>

utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
331.136	212.415	45.816	57.194

vs Base			
<i>Spostamenti auto</i>	<i>Spostamenti tp</i>	<i>Spostamenti piedi</i>	<i>Spostamenti moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
7,3%	15,7%	-24,8%	7,3%

vs PRG_C			
<i>Spostamenti auto</i>	<i>Spostamenti tp</i>	<i>Spostamenti piedi</i>	<i>Spostamenti moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
-13,2%	14,4%	1,1%	29,4%

Tabella 45: Spostamenti in auto, moto, trasporto pubblico e a piedi e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

e lo share modale ad essi associato (tabella 46):

$$Share_{auto} = \frac{d_{auto}}{d_{auto} + d_{moto} + d_{tp} + d_{piedi}}; Share_{moto} = \frac{d_{moto}}{d_{auto} + d_{moto} + d_{tp} + d_{piedi}}$$

$$Share_{tp} = \frac{d_{tp}}{d_{auto} + d_{moto} + d_{tp} + d_{piedi}}; Share_{piedi} = \frac{d_{piedi}}{d_{a+m} + d_{tp} + d_{piedi}}$$

Scenario			
<i>Share auto</i>	<i>Share tp</i>	<i>Share piedi</i>	<i>Share moto</i>
%	%	%	%
51,2%	32,9%	7,1%	8,8%

vs Base			
<i>Share auto</i>	<i>Share tp</i>	<i>Share piedi</i>	<i>Share moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
0,6%	8,6%	-29,5%	0,7%

vs PRG_C			
<i>Share auto</i>	<i>Share tp</i>	<i>Share piedi</i>	<i>Share moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
-11,8%	16,2%	2,7%	31,5%

Tabella 46: Share modale e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

4.3 Sostenibilità sociale

La component sociale della sostenibilità è stata misurata in termini di accessibilità ai posti di lavoro con l'auto e con il trasporto pubblico. In particolare due misure di accessibilità di tipo "gravity-based" (Hansen, 1959) sono state impiegate. Tali misure rappresentano una proxy della facilità con cui i cittadini possono raggiungere i luoghi di lavoro, rispettivamente con l'auto e con il trasporto pubblico. Per la generica zona o dell'area di studio, l'accessibilità al lavoro con auto $Acc_{job,o}^{auto}$ e trasporto pubblico $Acc_{job,o}^{tp}$ è stata calcolata come (Coppola e Nuzzolo, 2011):

$$Acc_{job,o}^{auto} = \sum_d Add_d^{\alpha_1} \cdot \exp(\alpha_2 \cdot t_{od}^{auto})$$

$$Acc_{job,o}^{tp} = \sum_d Add_d^{\alpha_1} \cdot \exp(\alpha_2 \cdot t_{od}^{tp})$$

con α_1, α_2 due parametri da stimare. Tali valori sono stati aggregati per l'intera area urbano, calcolando un valore medio di accessibilità, pesato sul numero di occupati Occ_o :

$$Acc_{job,medio}^{auto} = \frac{\sum_o^n Acc_{job,o}^{auto} \cdot Occ_o}{\sum_o^n Occ_o}$$

$$Acc_{job,medio}^{tp} = \frac{\sum_o^n Acc_{job,o}^{tp} \cdot Occ_o}{\sum_o^n Occ_o}$$

L'accessibilità dell'auto va via via decrescendo dal centro alle zone periferiche. Ciò è dovuto principalmente alla concentrazione di addetti nelle aree centrali. Il fenomeno si registra anche per quanto concerne il trasporto pubblico. In questo caso all'effetto dovuto alla concentrazione di addetti si somma anche la migliore dotazione di infrastrutture di trasporto pubblico delle aree centrali e la struttura radiale della rete di trasporto su ferro. Dal confronto con gli scenari PRG_C e base si nota che l'accessibilità con l'auto è maggiore in tutte le corone. Ciò vale anche per il trasporto pubblico ed in particolare nel confronto con lo scenario di base. In quest'ultimo caso, oltre agli usi del suolo, un contributo significativo è dato dalla maggiore offerta di trasporto pubblico.

	Scenario		vs Base		vs PRG_C	
	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp
PGTU	adimensionale	adimensionale	%	%	%	%
1	65	75	45,8%	36,2%	22,9%	13,6%
2	60	61	60,7%	33,5%	18,4%	13,7%
3	44	50	91,2%	48,8%	28,8%	15,8%
4	36	35	100,2%	53,3%	0,5%	10,4%
5	19	23	193,7%	71,9%	12,7%	14,0%
scenario	41	45	101,0%	56,1%	32,4%	28,7%

Tabella 47: Accessibilità al lavoro con auto e trasporto pubblico e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

Oltre agli incrementi di accessibilità al lavoro si è ritenuto opportuno analizzare la distribuzione spaziale dell'accessibilità per verificare se tali incrementi siano distribuiti più o meno equamente tra la popolazione residente. In particolare è stata fatta una stima dell'"equità orizzontale" (fairness or egalitarianism), che può essere interpretata come "fornire eguali risorse ad individui o gruppi di individui con le stesse abilità" (Delbosc e Currie, 2011). La disuguaglianza nella distribuzione dell'accessibilità è stata valutata utilizzando l'indice di Gini, calcolato con la seguente formula:

$$G = 1 - \sum_{k=1}^n (X_k - X_{k-1})(Y_k + Y_{k-1})$$

dove X_k è la percentuale cumulate della popolazione residente e Y_k la percentuali cumulate della variabile di accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico precedentemente descritta.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
Coeff. Gini	Coeff. Gini	Coeff. Gini
adimensionale	%	%
0,13658	-55,4%	-57,5%

Tabella 48: Inequità (Coefficiente di Gini) e comparazione rispetto allo scenario di base e allo scenario PRG_C

Dall'analisi del coefficiente di Gini risulta che lo scenario Compatto è il più equo. Ciò è dovuto al fatto che nello scenario Compatto la maggioranza della popolazione è localizzata nelle zone interne al GRA, dove si concentra anche il maggior numero di addetti. Ne segue che la maggior parte della popolazione gode di una buona accessibilità. All'opposto nello scenario PRG_C una parte della popolazione si localizza in periferia. Pertanto, nello scenario PRG_C ci saranno alcuni residenti (quelli che vivono nelle zone intra GRA) che godono di una buona accessibilità ed altri (quelli che vivono nelle zone periferiche) che godono di una bassa accessibilità.

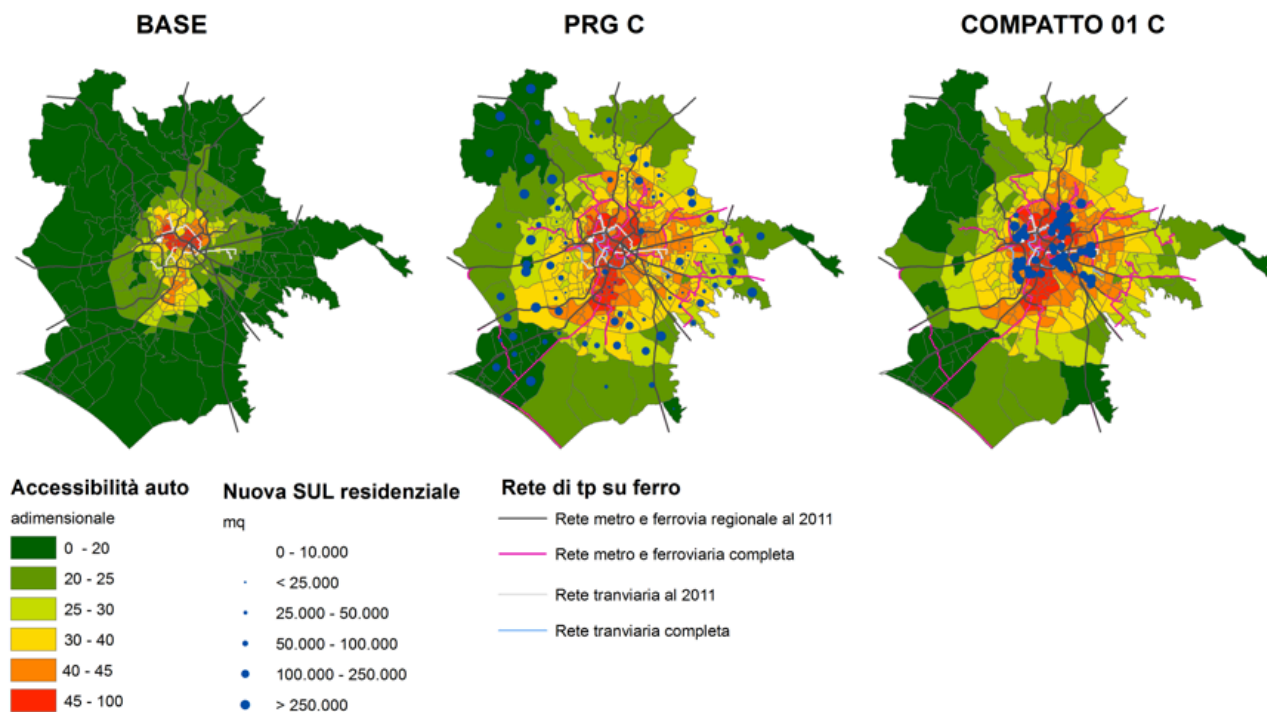


Figura 24: Accessibilità al lavoro con l'auto, scenari Compatto_01_C, PRG_C e Base

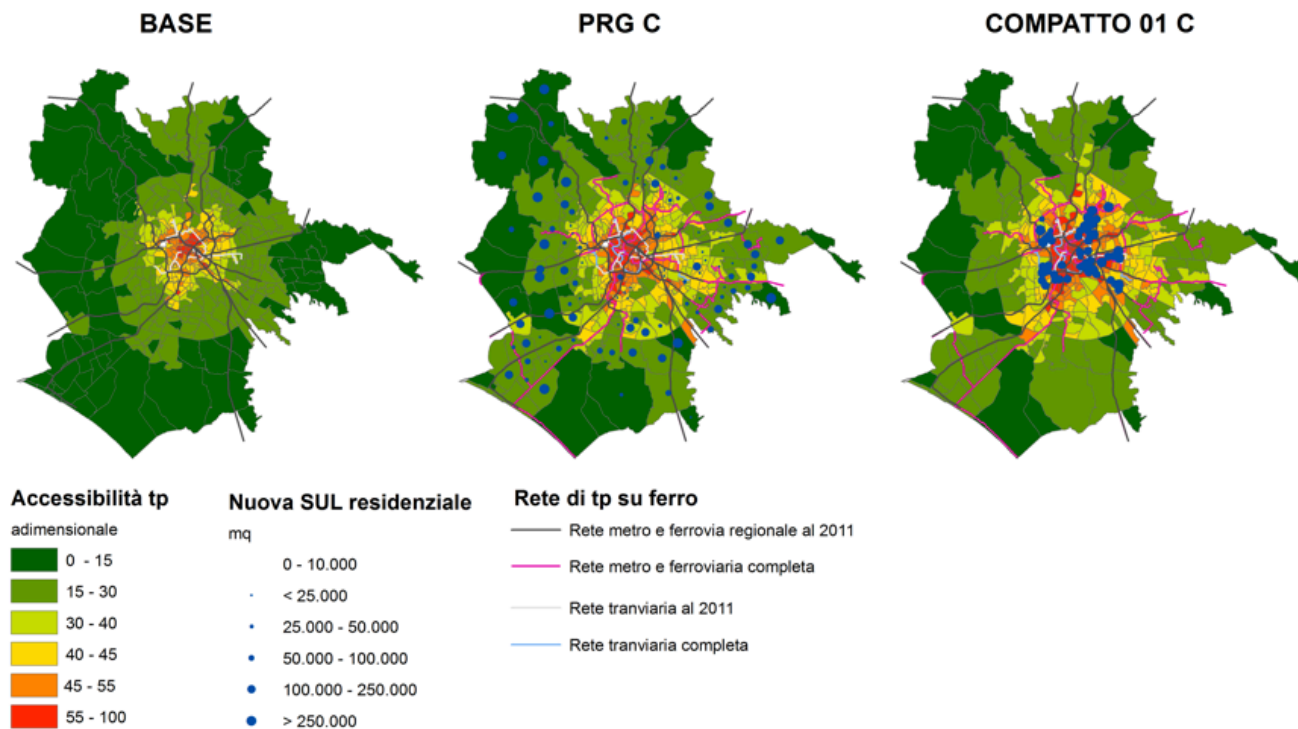


Figura 25: Accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico, scenari Compatto_01_C, PRG_C e Base

Bibliografia

- Autorità di Vigilanza sui Contratti Pubblici (2006). La definizione dei “costi standardizzati per tipo di lavoro”. Available at:
http://www.anticorruzione.it/portal/public/classic/AttivitaAutorita/Pubblicazioni/RapportiStudi/_definizioneCosti/
- Coppola, P., Ibeas, Á., dell’Olio, L., & Cordera, R. (2013). LUTI Model for the Metropolitan Area of Santander. *ASCE-Journal of Urban Planning and Development*, 139(3), 153-165. doi: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000146.
- Coppola, P., Papa, E., Angiello, G., & Carpentieri, G. (2014). Urban form and sustainability: the case study of Rome. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 557-566. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.169
- Coppola P., Nuzzolo A. (2011) “Changing accessibility, dwelling price and the spatial distribution of socio-economic activities” *Research in Transportation Economics*, vol. 31, p. 63-71. doi: 10.1016/j.retrec.2010.11.009.
- Camera dei Deputati (2009). Scheda n. 104 - Sistemi Urbani - Valutazione economico-finanziaria della linea C - aggiornata a dicembre 2009.
- CIPE (2004). Delibera CIPE n. 105 del 20/12/2004 - 1° programma Opere Strategiche: la linea C della metropolitana di Roma.
- COM (2011). Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0112>.
- Delbosc, A., & Currie, G. (2011). The spatial context of transport disadvantage, social exclusion and well-being. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1130-1137. doi:10.1016/j.jtrangeo.2011.04.005
- EEA (European Environment Agency) (2010). Occupancy rates of passenger vehicles. Available at: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/occupancy-rates-of-passenger-vehicles/occupancy-rates-of-passenger-vehicles-1>
- Hortas-Rico, M., & Solé-Ollé, A. (2010). Does urban sprawl increase the costs of providing local public services? Evidence from Spanish municipalities. *Urban Studies*, 47(7), 1513-1540. doi: 10.1177/0042098009353620
- Nuzzolo, A., Coppola P. (2007) “Accessibility and socioeconomic activities location” *Proceedings of European Transportation Conference 2007*, Noordwijkerhout, The Netherlands. ISBN 978-1-905701-02-5; ISSN 1474-9122.
- Roma Metropolitane (2012). Gare aggiudicate. Available at:
<http://www.romametropolitane.it/articolo.asp?CodMenu=199&CodArt=202>
- Shires, J. D., & De Jong, G. C. (2009). An international meta-analysis of values of travel time savings. *Evaluation and program planning*, 32(4), 315-325. doi:10.1016/j.evalprogplan.2009.06.010
- Small, K. (2013). *Urban transportation economics* (Vol. 4). Taylor & Francis.