

SUM SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

Linee guida per la
mobilità sostenibile nelle
aree urbane

PRIN 2009



REPORT SCENARIO

COMPATTO_01_P

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
1.1.2.1	Rete ferroviaria regionale	3
1.1.2.2	Rete ferroviaria sub-urbana	4
1.1.2.3	Rete metropolitana.....	5
1.1.2.4	Rete metropolitana leggera	6
1.1.2.5	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 PGTU.....	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.....	17
2.4.2.1	Auto	17
2.4.2.2	Moto	17
2.4.2.3	Trasporto pubblico.....	18
2.4.2.4	Piedi	18
2.4.3	Ripartizione modale totale e (in Entrata e in Uscita) per PGTU	19

2.4.3.1	In Uscita.....	19
2.4.3.2	In Entrata.....	21
3.	Analisi dell'elasticità del modello di simulazione (13_Loc. vs. 14_zone etc)22	
3.1	Variazione di Popolazione	22
3.1.1	Variazione Occupati di fascia Alta.....	23
3.1.2	Occupati di fascia Bassa.....	24
3.2	Variazione di Addetti.....	25
3.2.1	Addetti al Commercio.....	27
3.2.2	Addetti ai Servizi Privati.....	27
4.	Analisi di sostenibilità urbana.....	28
4.1	Sostenibilità economica	29
4.2	Sostenibilità ambientale.....	33
4.3	Sostenibilità sociale.....	37
	Bibliografia	40

1 Descrizione dello scenario

Lo scenario *Compatto_01_P* 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 un'ipotesi di espansione della rete di trasporto pubblico su ferro ridotta e "realistica" rispetto all'ipotesi formulata nel Piano Regolatore Generale.

		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.

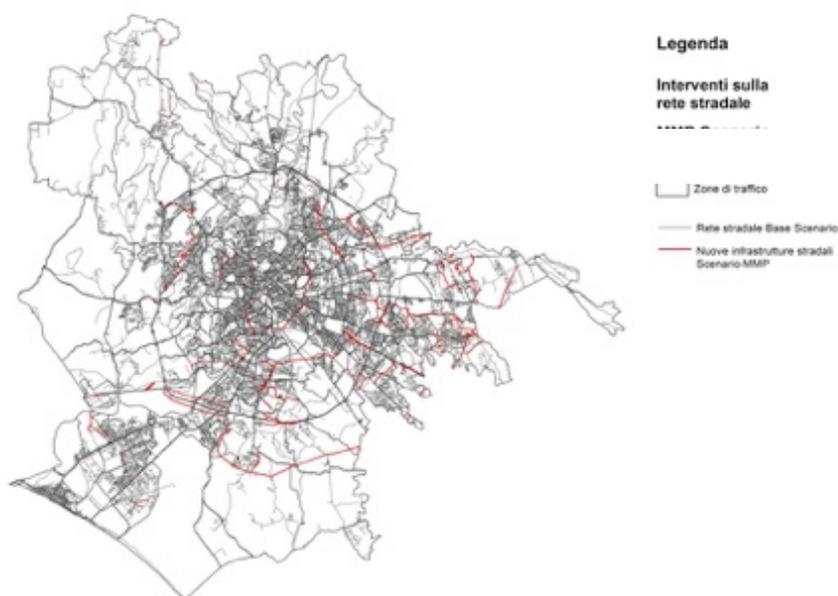


Figura 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale.

Corone PGTU	Lunghezza nuovi interventi	Distribuzione percentuale nuovi interventi per corone PGTU
	[m]	[%]
1	959	1,4%
2	1.130	1,6%
3	7.065	10,0%
4	20.217	28,5%
5	41.468	58,5%
Totale	70.839	100%

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

1.1.2 Interventi sulla rete di trasporto su ferro

Lo scenario considera un'ipotesi di espansione della rete di trasporto pubblico su ferro ridotta e "realistica" rispetto all'ipotesi formulata nel Piano Regolatore Generale. In particolare, in questo scenario sono stati selezionati solo alcuni degli interventi di trasformazione delle infrastrutture su ferro contenuti nel PRG, che sono stati ritenuti di più facile realizzazione. In totale, questo scenario prevede la realizzazione di circa 242 nuovi Km d'infrastrutture su ferro, lungo i quali sono collocate 99 nuove stazioni e/o fermate. 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.

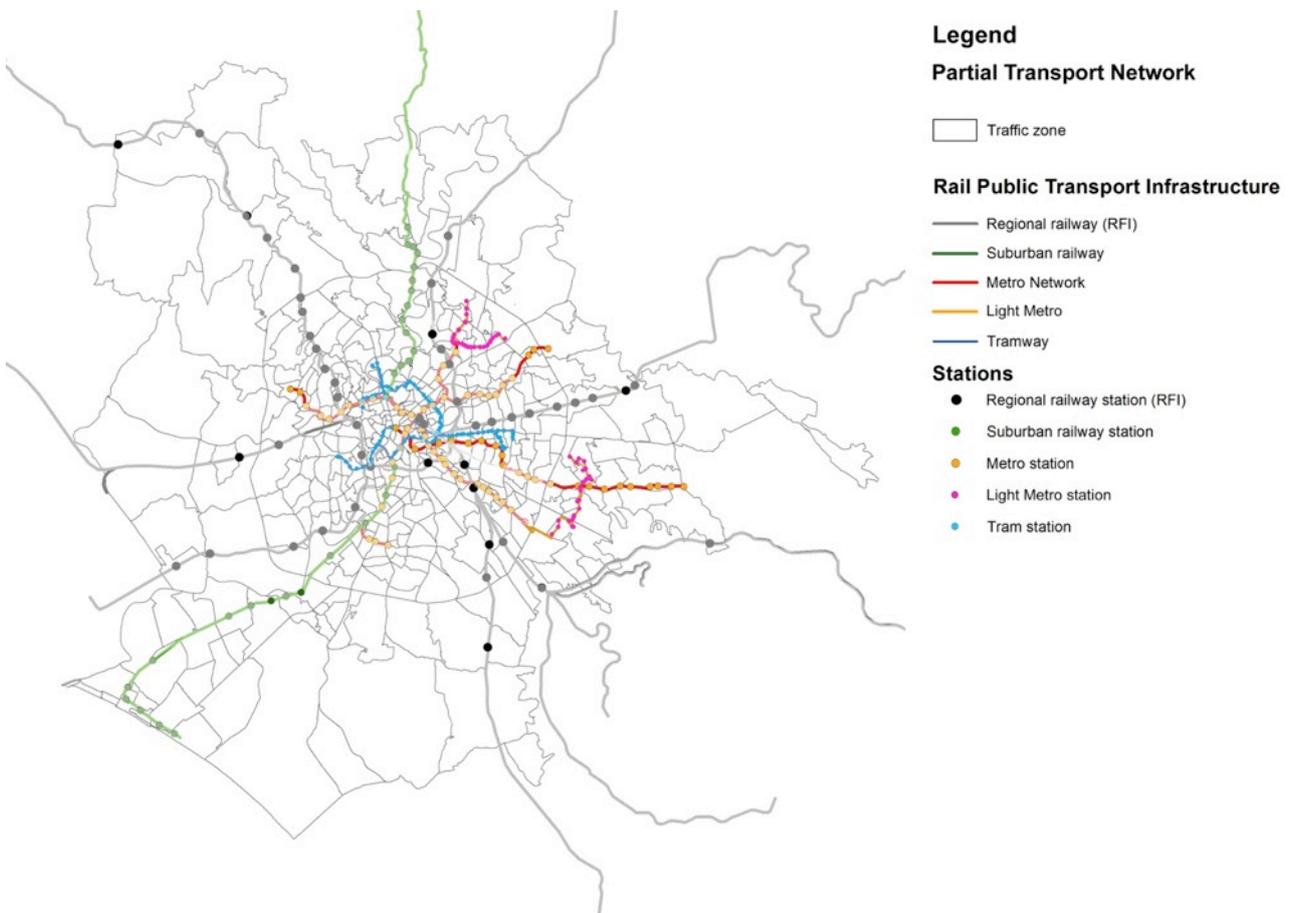


Figura 2: Mappa dei nuovi interventi sulla rete di trasporto pubblico su ferro

Di seguito per ognuna di queste tipologie di rete di trasporto pubblico su ferro è riportata una breve descrizione, con il supporto di figure e tabelle sintetiche.

1.1.2.1 Rete ferroviaria regionale

Nell'ambito degli interventi previsti sulle infrastrutture su ferro a servizio della rete ferroviaria Regionale, nello scenario infrastrutturale *Rete Parziale*, non sono previsti sostanziali interventi infrastrutturali. Gli unici interventi previsti riguardano l'apertura di nove nuove stazioni.

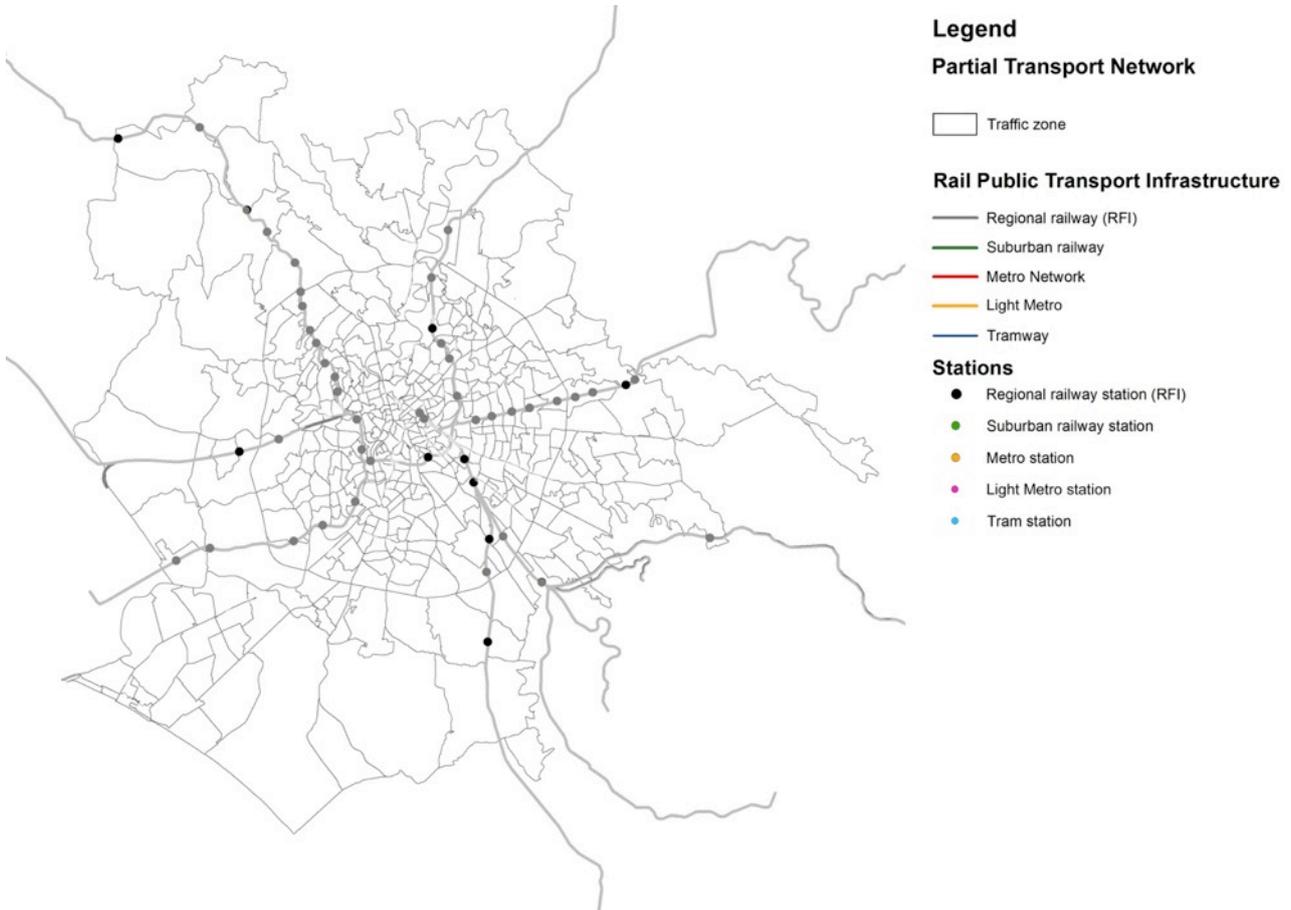


Figura 3: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete ferroviaria regionale

Nuove stazioni	Linea	Stato
Zama	FR 0	Nuova
Salario	FR 1	Rilocalizzata
Ponte di Nona	FR 2	Nuova
?	FR 3	Nuova
?	FR 4	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

1.1.2.2 Rete ferroviaria sub-urbana

Per quanto riguarda gli interventi previsti sulla rete ferroviaria suburbana, dalle attuali tre linee esistenti è prevista la dismissione della linea Roma-Giardinetti. Infatti è programmata la riconversione dell'attuale tracciato compreso tra le stazioni di Togliatti e Giardinetti nella nuova linea della metro C. Mentre per le altre due linee non sono previsti sostanziali interventi infrastrutturali, ad eccezione dell'apertura di due nuove stazioni (Mezzocammino e Casal Bernocchi) lungo la linea Roma-Lido.

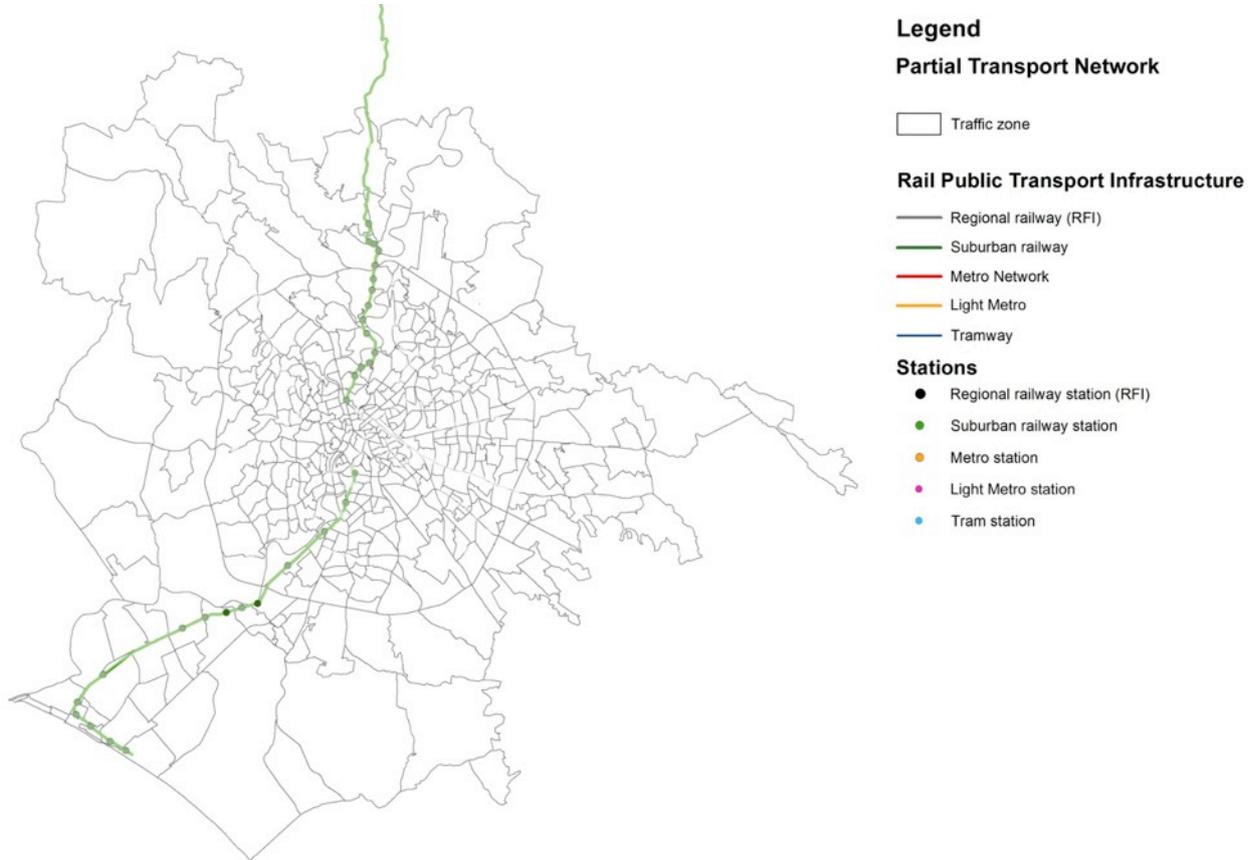


Figura 4: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete sub-urbana

1.1.2.3 Rete metropolitana

Gli interventi di potenziamento previsti della rete metropolitana prevedono il prolungamento della linea A, B e B1 e la realizzazione della linea C dalla stazione di Pantano alla stazione Venezia. Nel complesso lo scenario MMP partial per la rete metropolitana prevede l'apertura di 85 nuove stazioni.

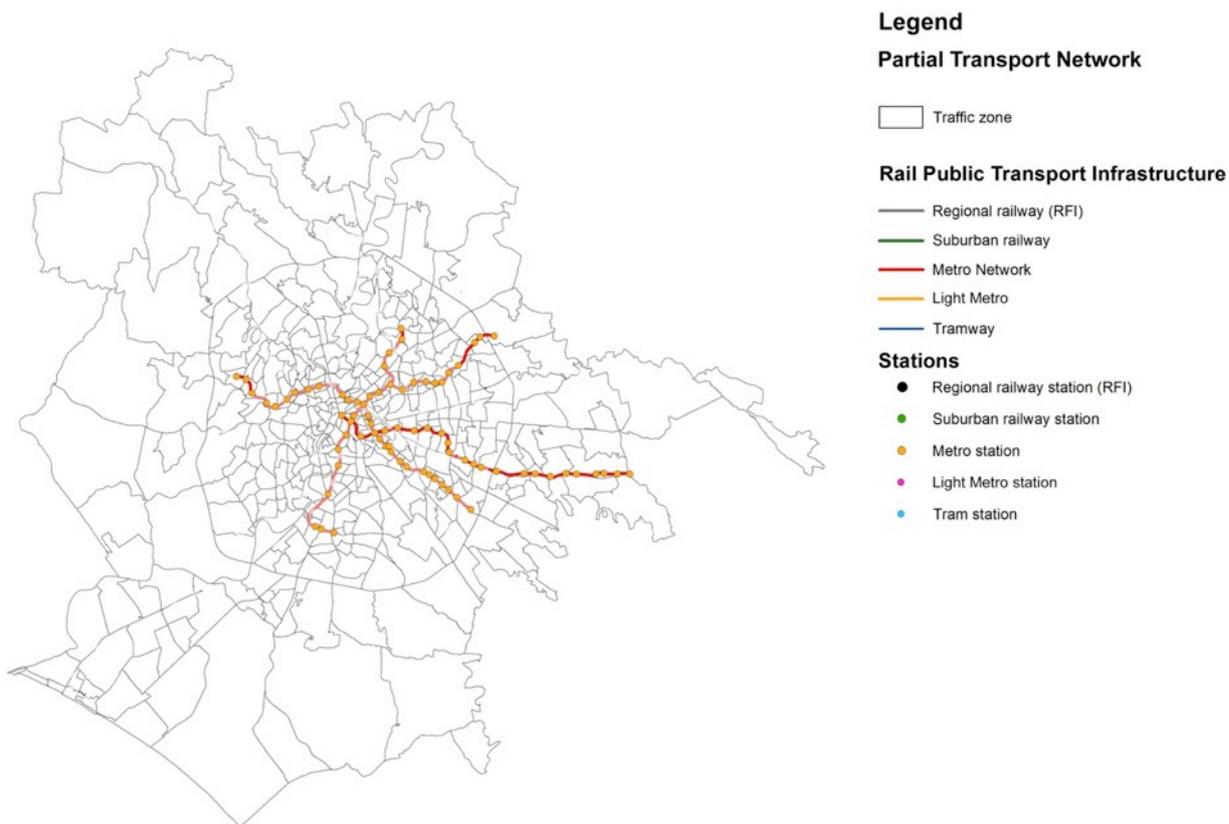


Figura 5: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

Linea	Lunghezza tot [Km]	Lunghezza nuovi tratti [Km]	Stazioni tot [n°]	Nuove stazioni [n°]
Linea A	20,2	1,8	29	2
Linea B	21,3	3,3	25	3
Linea B1	4,3	0,7	5	1
Linea C	21,0	21,0	24	24

Tabella 3: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

1.1.2.4 Rete metropolitana leggera

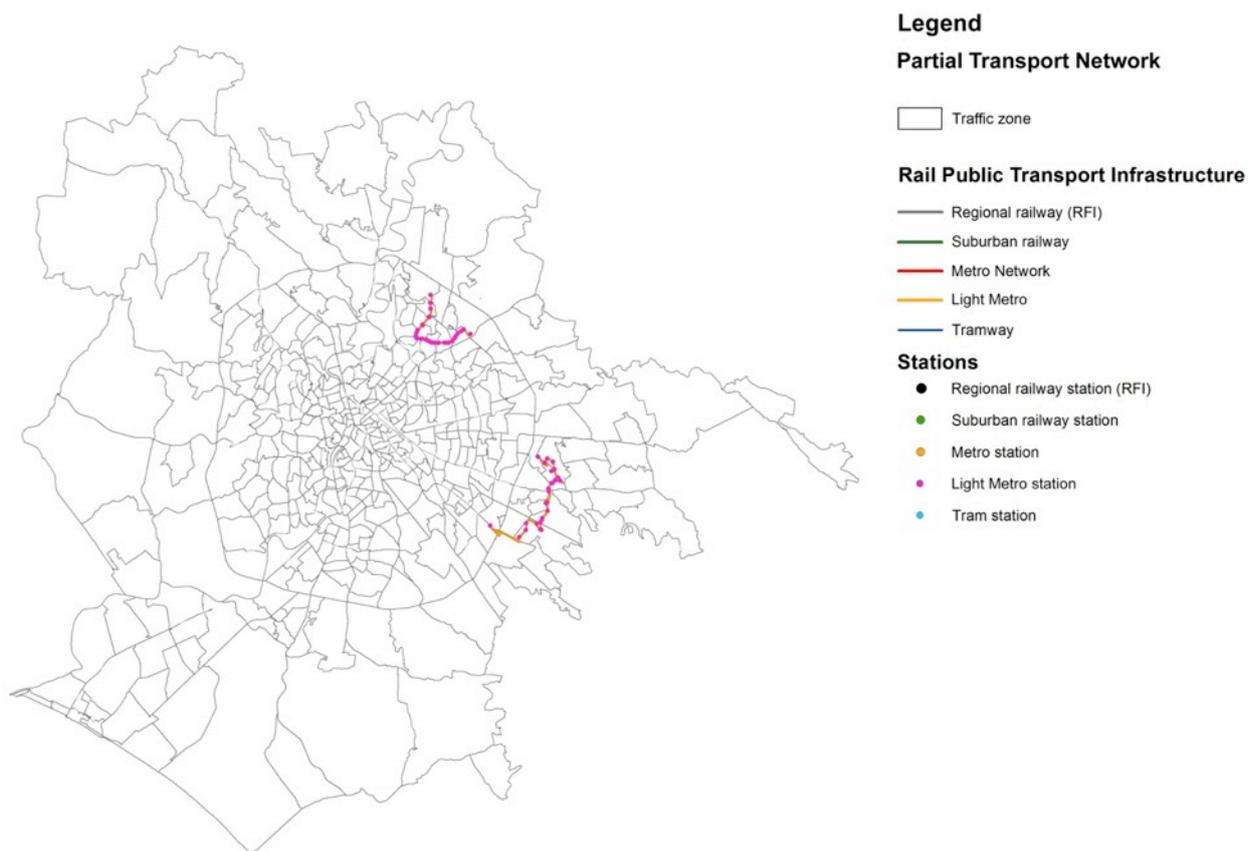


Figura 6: Mappa dei nuovi interventi infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

Linea	Lunghezza tot [Km]	Fermate tot [n°]
Linea V	7,0	48
Tor Bella Monaca - Anagnina	12,0	39

Tabella 4: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

1.1.2.5 Rete tranviaria

Non sono previsti interventi di ampliamento della rete tranviaria rispetto allo *Scenario di Base*.

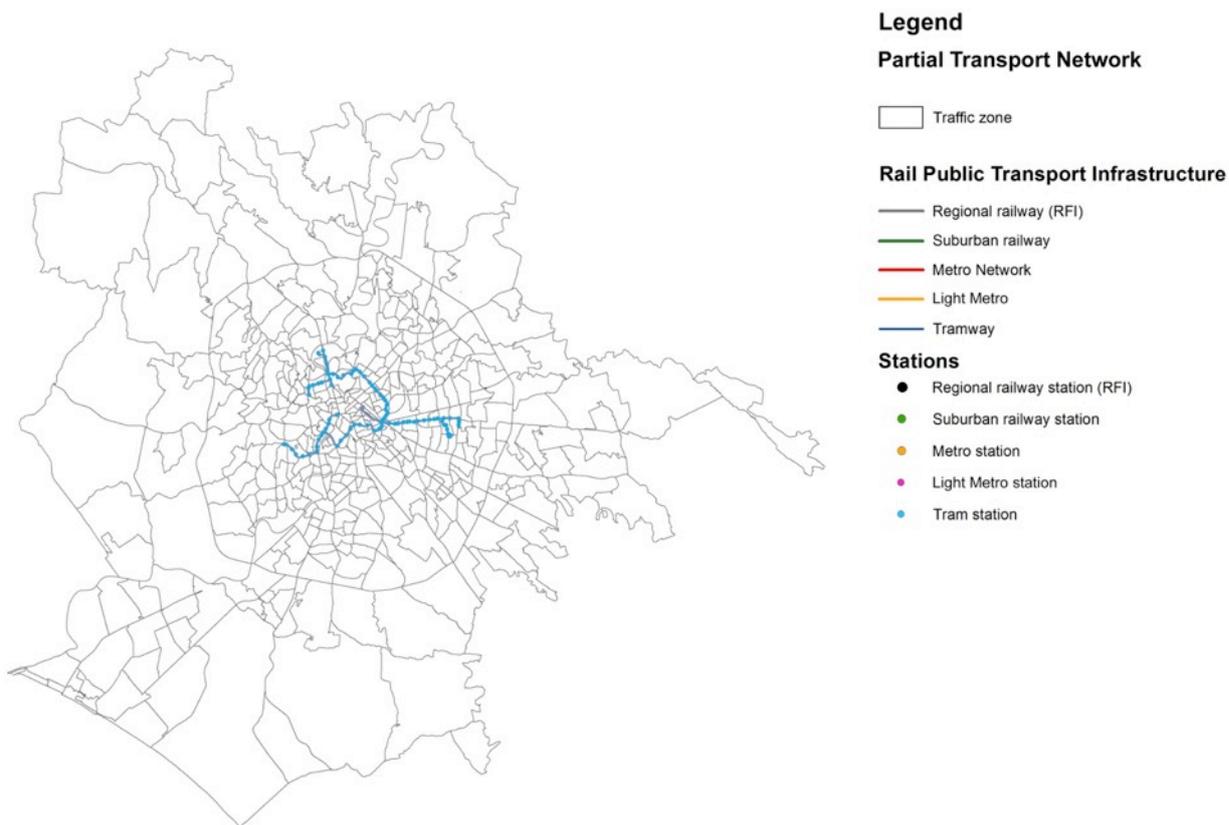


Figura 7: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

Linee	Percorso	Lunghezza linea [Km]	Numero fermate [n°]
Linea 2	Piazza Mancini - Piazzale Flaminio	2,7	12
Linea 3	Piazza Thorvaldsen - Stazione Trastevere	13,3	46
Linea 5	Stazione Termini - Piazza dei Gerani	7,2	28
Linea 8	Piazza Venezia - Via del Casaletto	5,8	15
Linea 14	Stazione Termini - V.le Palmiro Togliatti	7,5	25
Linea 19	Stazione Termini - V.le Palmiro Togliatti	14,3	54

Tabella 5: Nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

1.2 Interventi sullo stock immobiliare

Lo scenario Compact_01_P 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, distribuita tra 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).

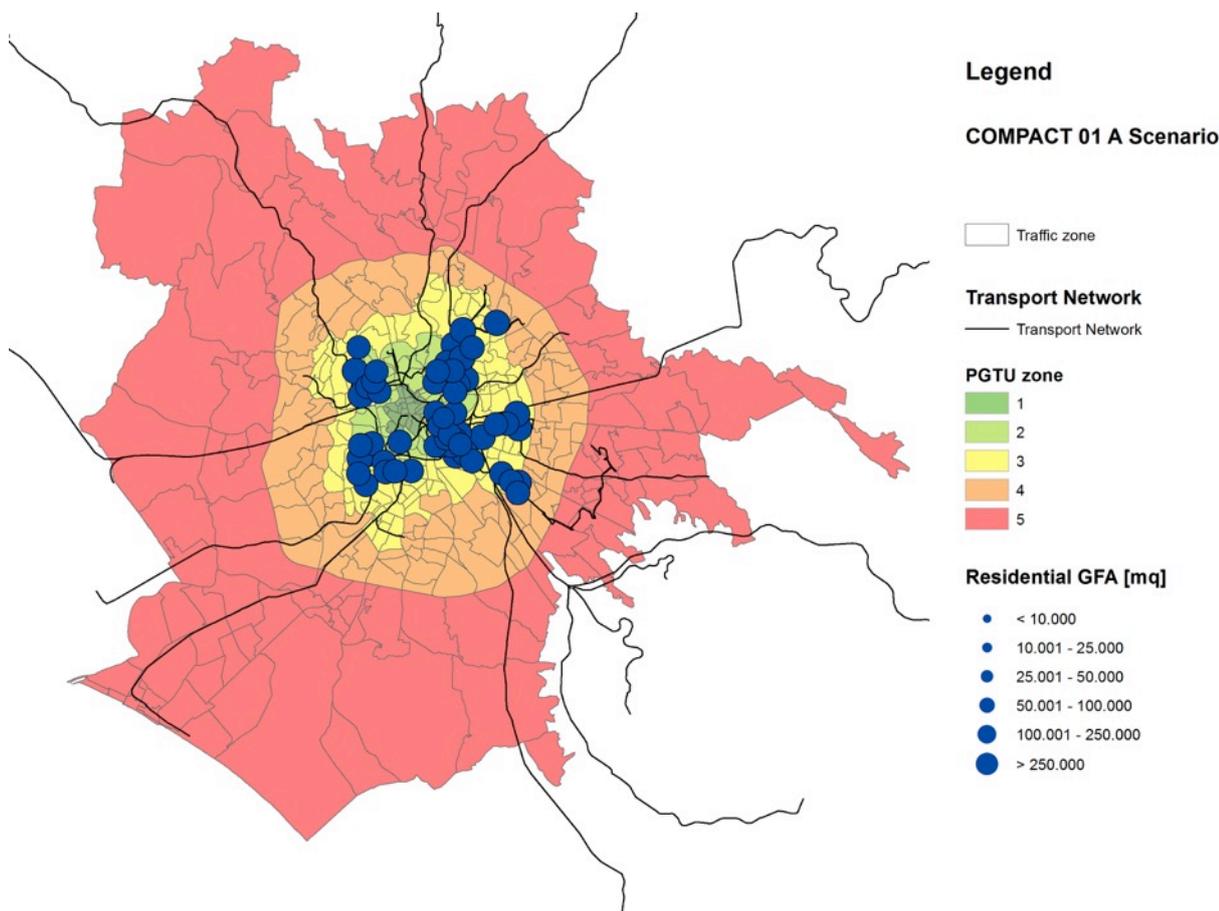


Figura 8: Interventi sullo stock immobiliare

Corone	Variazione SUL Residenziale		Variazione IUT Residenziale (m ² /ha)	Variazione Abitazioni	
	(m ²)	(%)		(n)	(n/ha)
1	0	0,00%	0,00	0	0,00
2	5.853.089	30,41%	1379,80	69.680	16,43
3	5.789.095	15,84%	552,12	68.918	6,57
4	0	0,00%	0,00	0	0,00
5	0	0,00%	0,00	0	0,00
Totali	11.642.185	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 PGTU

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 PGTU, dove è localizzata la nuova SUL prevista dallo scenario.

PGTU	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	955.523	2.503.637	529.160	172.046	1.202.432

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

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	9.649	14.682	49.446	49.816	9.056	99.141
2	63.083	213.012	522.153	215.357	50.111	395.599
3	92.751	399.562	1.006.666	167.159	65.749	369.053
4	45.205	176.789	462.878	83.920	31.894	217.093
5	55.848	204.210	570.833	67.215	33.338	193.953
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 PGTU scenario COMPATTO_01_P Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-1.034	-4.229	-11.042	-3.100	-1.576	-4.827
2	13.930	71.372	127.158	34.484	17.444	52.470
3	12.124	61.957	107.574	36.164	15.668	52.299
4	-2.646	-37.416	-65.732	-8.149	-6.669	-15.279
5	-2.746	-38.952	-49.619	-5.092	-6.765	-12.256
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 PGTU tra gli scenari di Base e COMPATTO_01_P Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-10%	-22%	-18%	-6%	-15%	-5%
2	28%	50%	32%	19%	53%	15%
3	15%	18%	12%	28%	31%	17%
4	-6%	-17%	-12%	-9%	-17%	-7%
5	-5%	-16%	-8%	-7%	-17%	-6%
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_P 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	4.018	4.119	2.513	589	335	11.574
2	14.545	64.052	30.482	7.541	4.344	120.965
3	15.641	67.093	112.984	27.492	16.459	239.669
4	3.973	25.199	38.926	31.671	14.810	114.579
5	3.001	21.920	35.299	23.226	58.011	141.457
Totale	41.179	182.383	220.204	90.519	93.959	628.244

Tabella 12: Matrice OD per lo scenario COMPATTO_01_P

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-1.313	-25%	-475	-10%	242	11%	-20	-3%	49	17%	-1.516	-12%
2	990	7%	11.546	22%	7.082	30%	1.373	22%	1.398	47%	22.389	23%
3	-102	-1%	4.825	8%	10.732	10%	1.362	5%	3.236	24%	20.053	9%
4	-1.052	-21%	-1.025	-4%	-2.998	-7%	-8.575	-21%	236	2%	-13.415	-10%
5	-187	-6%	1.875	9%	853	2%	-2.323	-9%	-5.879	-9%	-5.661	-4%
Totale	-1.665	-4%	16.746	10%	15.912	8%	-8.182	-8%	-961	-1%	21.849	4%

Tabella 13: Confronto tra le Matrici OD dello scenario di Base e dello scenario COMPATTO_01_P

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*.

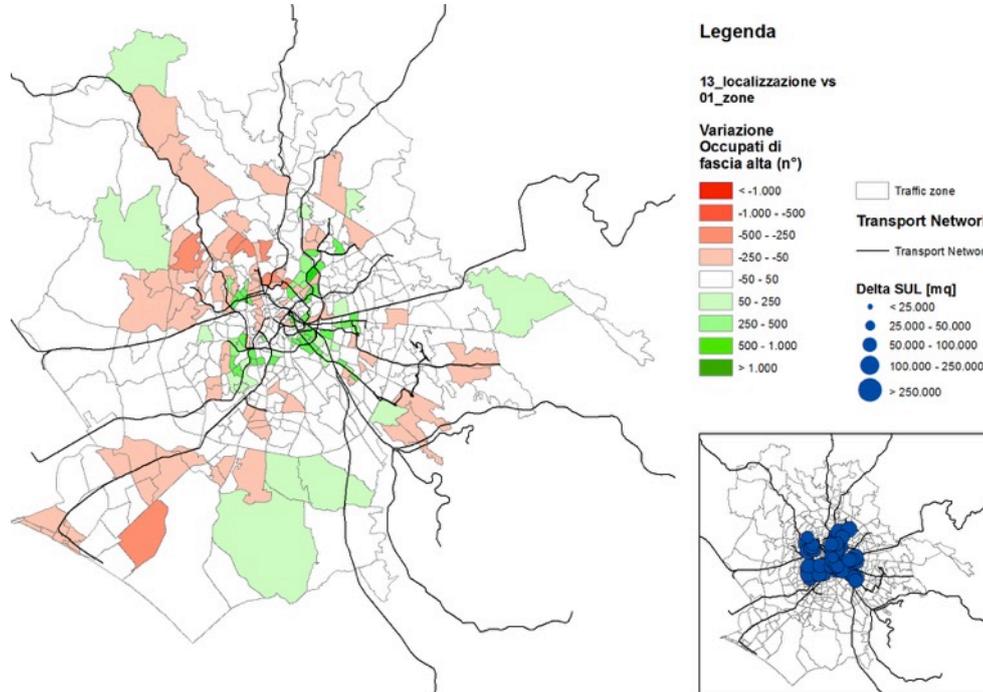


Figura 9: Variazione di Occupati di fascia alta tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

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

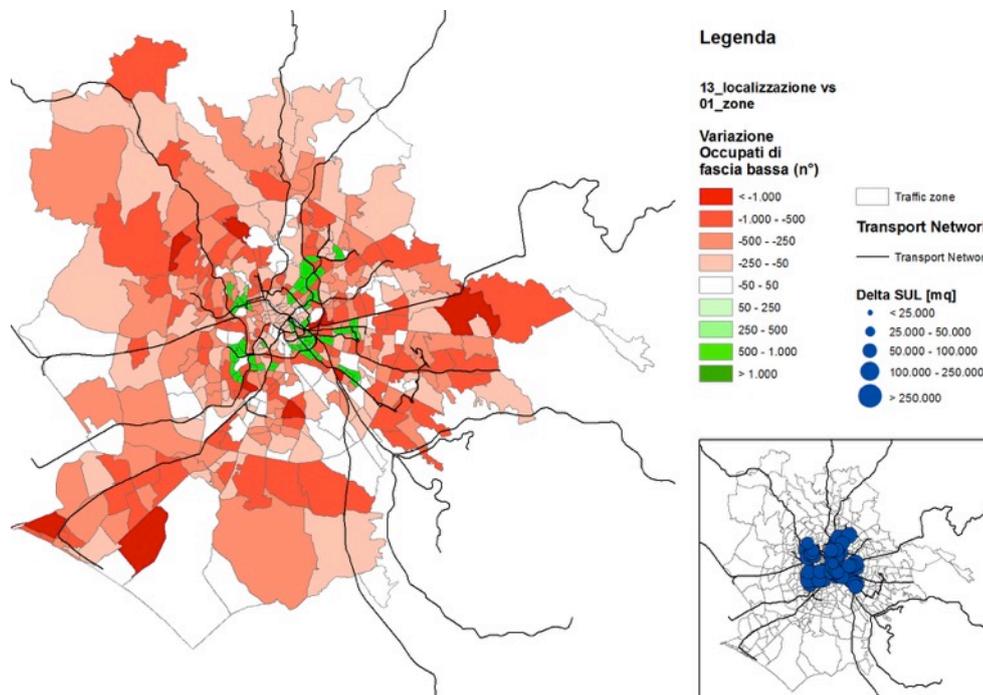


Figura 10: Variazione di Occupati di fascia bassa tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

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 quanto gli interventi di trasformazione urbana previsti dallo scenario *Compact_01_P* sono concentrati esclusivamente in queste corone.

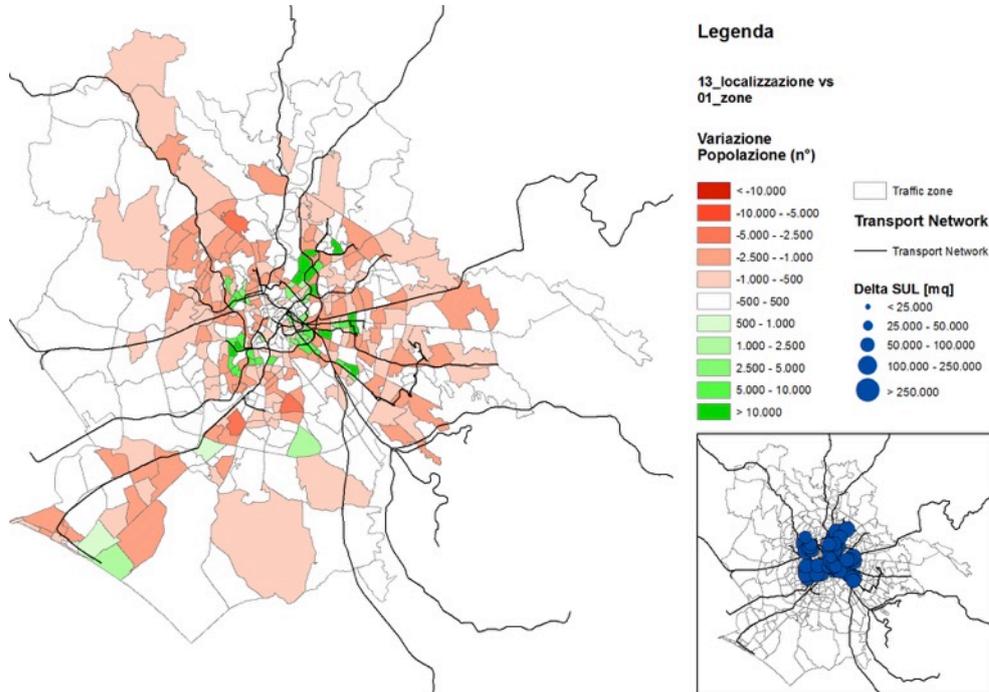


Figura 11: Variazione di Popolazione tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

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.

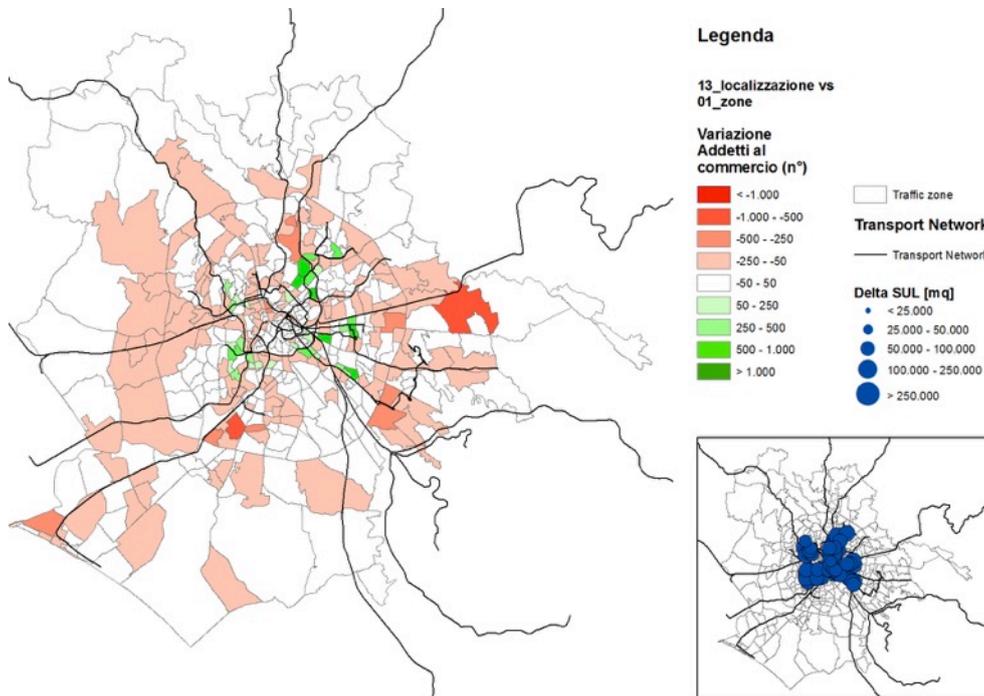


Figura 12: Variazione degli Addetti al Commercio tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P

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, terza e quarta corona PGTU.

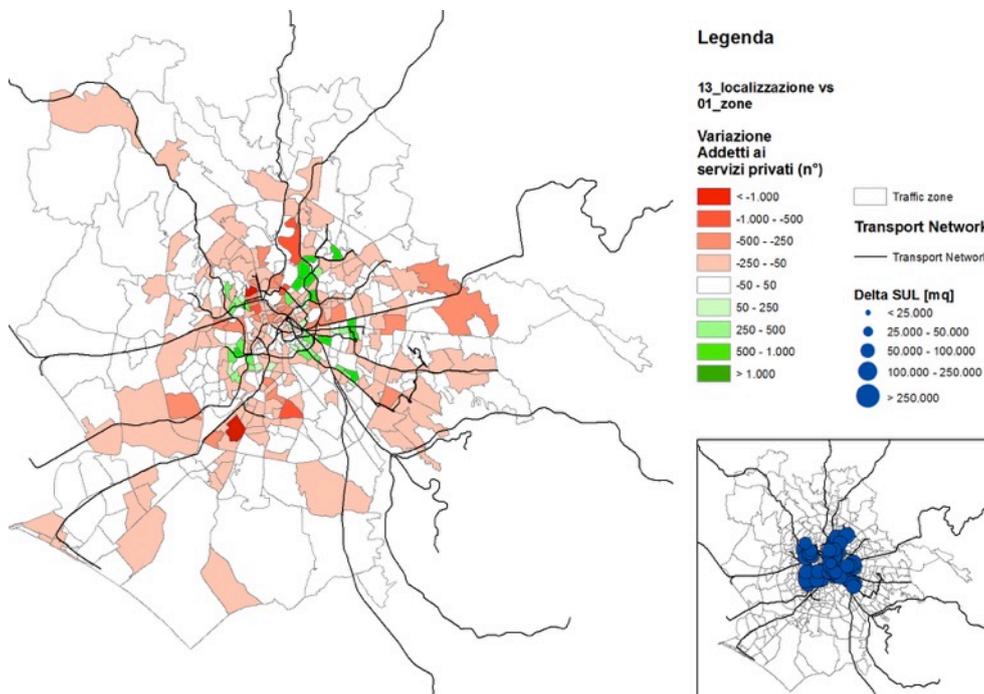


Figura 13: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

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 PGTU.

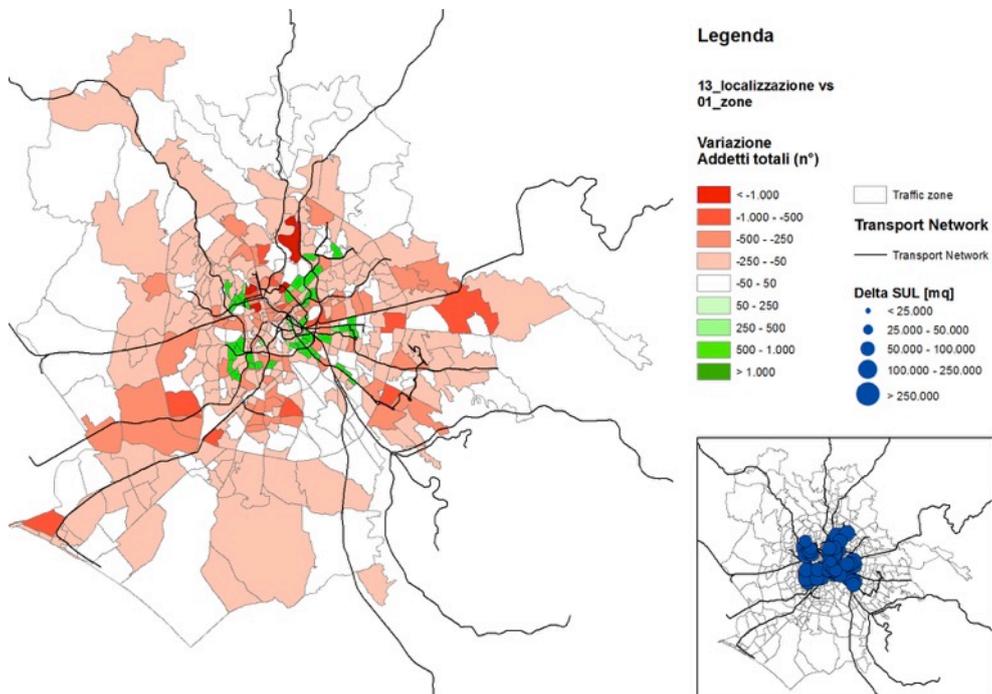


Figura 14: Variazione degli Addetti Totali tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

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 COMPATTO_01_P 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 anche un incremento degli spostamenti con destinazione nella quinta corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-949	-25%	-267	-10%	131	18%	26	9%	39	32%	-1.020	-13%
2	1.373	13%	7.305	22%	4.657	54%	1.598	49%	1.141	83%	16.074	29%
3	420	4%	4.444	12%	6.273	13%	2.958	17%	3.025	38%	17.120	14%
4	-752	-27%	-886	-6%	-938	-5%	-4.042	-15%	801	9%	-5.817	-8%
5	-298	-30%	-402	-5%	-1.456	-10%	-1.303	-8%	-2.587	-6%	-6.047	-7%
Totale	-206	-1%	10.194	11%	8.667	10%	-764	-1%	2.419	4%	20.310	6%

Tabella 14: Confronto Matrice OD per PGTU per il motivo lavoro tra lo scenario di Base e lo scenario COMPATTO_01_P Simulato

2.4.1.2 Spostamenti Casa-Altri Motivi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-363	-25%	-208	-11%	111	7%	-46	-15%	10	6%	-497	-9%
2	-384	-12%	4.242	22%	2.426	16%	-224	-8%	256	16%	6.315	15%
3	-522	-11%	381	2%	4.459	8%	-1.596	-18%	211	4%	2.933	3%
4	-300	-14%	-140	-1%	-2.060	-9%	-4.533	-35%	-565	-9%	-7.597	-13%
5	111	5%	2.277	20%	2.309	12%	-1.019	-12%	-3.292	-14%	386	1%
Totale	-1.458	-11%	6.552	9%	7.245	6%	-7.418	-22%	-3.380	-9%	1.539	1%

Tabella 15: Matrice OD per PGTU per motivo non lavoro (ScSup, ScUni e Altro) tra lo scenario di Base e lo scenario COMPATTO_01_P 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 si nota un incremento degli spostamenti in auto con origine nella seconda e terza corona, inoltre vi è anche un incremento degli spostamenti con destinazione nella quinta corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	0	0%	-37	-3%	-68	-5%	-24	-5%	27	12%	-102	-3%
2	0	0%	3.004	26%	2.114	17%	1.047	22%	1.150	48%	7.315	23%
3	0	0%	2.114	17%	330	1%	802	4%	2.699	23%	5.945	7%
4	0	0%	1.047	22%	-3.187	-12%	-2.827	-13%	264	2%	-4.704	-7%
5	0	0%	1.555	14%	-407	-2%	-1.775	-8%	-2.642	-6%	-3.269	-3%
Totale	0	0%	7.683	19%	-1.218	-1%	-2.777	-4%	1.497	2%	5.184	2%

Tabella 16: Matrice OD per PGTU per modo auto tra lo scenario di Base e lo scenario COMPATTO_01_P Simulato

2.4.2.2 Moto

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-267	-23%	-79	-12%	11	5%	-5	-8%	-4	-15%	-343	-16%
2	-152	-3%	911	18%	668	37%	115	22%	39	20%	1.581	13%
3	-1.283	-22%	-807	-11%	570	10%	-490	-20%	25	3%	-1.984	-9%
4	-1.000	-38%	-1.103	-25%	-367	-11%	-253	-9%	-119	-11%	-2.842	-20%
5	-432	-36%	-419	-15%	-117	-4%	-388	-22%	-7	0%	-1.362	-12%
Totale	-3.134	-20%	-1.496	-7%	765	6%	-1.020	-13%	-65	-1%	-4.950	-8%

Tabella 17: Matrice OD per PGTU per modo moto tra lo scenario di Base e lo scenario COMPATTO_01_P Simulato

2.4.2.3 Trasporto pubblico

Per questa modalità di spostamento gli incrementi positivi si registrano per gli spostamenti con origine nella seconda e terza corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-643	-24%	-270	-10%	299	36%	9	11%	26	77%	-579	-9%
2	1.261	14%	2.386	9%	3.967	46%	211	24%	209	63%	8.035	18%
3	1.181	12%	2.990	10%	3.828	12%	647	15%	512	55%	9.159	12%
4	-52	-2%	216	3%	509	5%	-2.471	-34%	93	10%	-1.704	-6%
5	245	12%	739	12%	1.377	22%	-160	-8%	-1.931	-23%	269	1%
Totale	1.992	8%	6.062	8%	9.981	17%	-1.763	-12%	-1.092	-10%	15.180	8%

Tabella 18: Matrice OD per PGTU per modo trasporto pubblico tra lo scenario di Base e lo scenario COMPATTO_01_P Simulato

2.4.2.4 Piedi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-403	-28%	-89	-45%	0	0%	0	0%	0	0%	-492	-30%
2	-120	-46%	5.245	58%	333	87%	0	0%	0	0%	5.458	56%
3	0	0%	169	48%	6.004	27%	-59	-56%	0	0%	6.114	27%
4	0	0%	0	0%	47	17%	-2.787	-32%	-2	-45%	-2.741	-31%
5	0	0%	0	0%	0	0%	0	7%	-1.299	-13%	-1.299	-13%
Totale	-523	-31%	5.326	55%	6.384	28%	-2.846	-32%	-1.301	-13%	7.040	13%

Tabella 19: Matrice OD per PGTU per modo piedi tra lo scenario di Base e lo scenario COMPATTO_01_P 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_P 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	2.986	1.769	5.673	1.146	11.574
2	38.580	13.649	53.520	15.216	120.965
3	103.351	20.057	87.326	28.935	239.669
4	70.415	10.954	26.966	6.244	114.579
5	97.694	9.764	25.219	8.780	141.457
Totale	313.025	56.194	198.704	60.321	628.244

Tabella 21: Ripartizione modale Scenario COMPATTO_01_P Simulato per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-102	-344	-579	-492	-1.516
2	7.315	1.582	8.035	5.458	22.389
3	6.303	-1.523	9.159	6.114	20.053
4	-5.889	-3.080	-1.704	-2.741	-13.415
5	-3.269	-1.362	269	-1.299	-5.661
Totale	4.356	-4.726	15.179	7.040	21.849

Tabella 22: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-3%	-16%	-9%	-30%	-12%
2	23%	13%	18%	56%	23%
3	6%	-7%	12%	27%	9%
4	-8%	-22%	-6%	-31%	-10%
5	-3%	-12%	1%	-13%	-4%
Totale	1%	-8%	8%	13%	4%

Tabella 23: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

2.4.3.2 In Entrata

Per la domanda di spostamenti in entrata si registrano rilevanti incrementi per gli spostamenti in auto nella seconda e quinta corona e con il trasporto pubblico nella prima, seconda e terza corona PGTU.

	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 PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	12.172	27.831	1.175	41.179
2	69.329	18.902	79.157	14.995	182.383
3	106.985	14.421	69.400	29.398	220.204
4	65.598	6.097	12.851	5.972	90.519
5	71.113	4.601	9.464	8.780	93.959
Totale	313.025	56.194	198.704	60.321	628.244

Tabella 25: Ripartizione modale Scenario COMPATTO_01_P per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	-3.134	1.992	-524	-1.665
2	6.855	-1.496	6.061	5.326	16.746
3	-1.219	765	9.981	6.384	15.911
4	-2.776	-797	-1.763	-2.847	-8.182
5	1.496	-65	-1.092	-1.301	-961
Totale	4.356	-4.726	15.179	7.040	21.849

Tabella 26: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario COMPATTO_01_P Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0%	-20%	8%	-31%	-4%
2	11%	-7%	8%	55%	10%
3	-1%	6%	17%	28%	8%
4	-4%	-12%	-12%	-32%	-8%
5	2%	-1%	-10%	-13%	-1%
Totale	1%	-8%	8%	13%	4%

Tabella 27: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto COMPATTO_01_P

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_P non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	9.649	14.682	49.446
2	63.083	213.012	522.153
3	92.751	399.562	1.006.666
4	45.205	176.789	462.878
5	55.848	204.210	570.833
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976

Tabella 29: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario COMPATTO_01_P simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-1.035	-4.229	-11.042
2	4.062	44.861	72.691
3	2.364	35.736	53.702
4	-2.646	-37.417	-65.732
5	-2.746	-38.952	-49.619
Totale	0	0	0

Tabella 30: Variazione della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario COMPATTO_01_P simulato e lo scenario Compatto 01 C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-10%	-22%	-18%
2	7%	27%	16%
3	3%	10%	6%
4	-6%	-17%	-12%
5	-5%	-16%	-8%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 31: Variazione percentuale della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario COMPATTO_01_P simulato e lo scenario COMPATTO_01_P non simulato

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello scenario *Compact_01_P* per la 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, ed in particolare in quelle zone di traffico dove è localizzata la nuova SUL prevista dallo scenario.

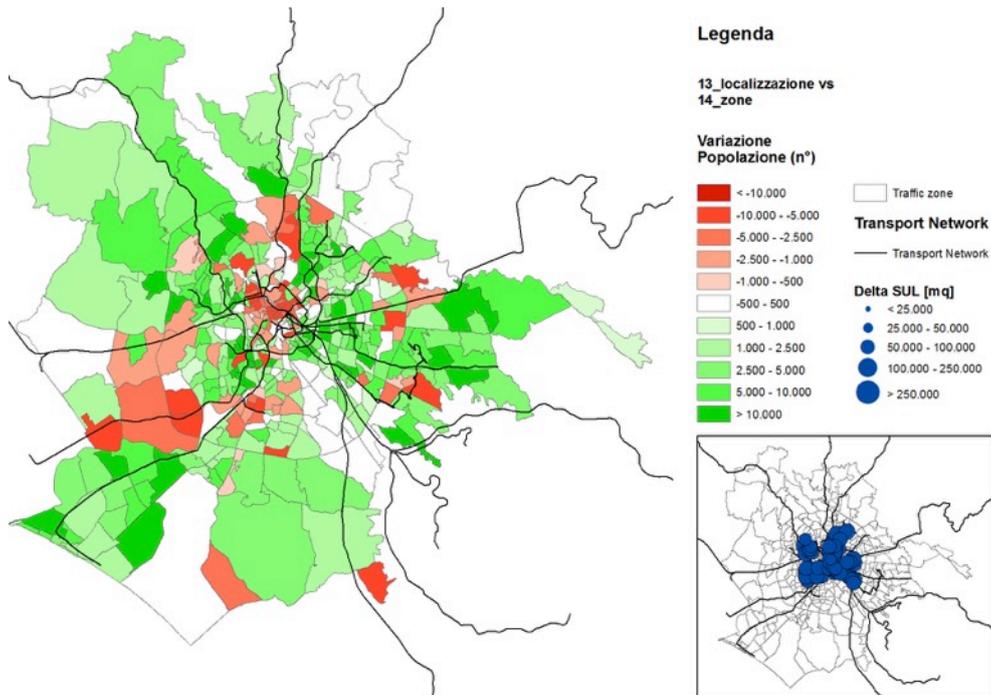


Figura 15: Variazione della popolazione residente per zona di traffico a seguito della simulazione

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*, in particolare tali valori negativi si registrano nella prima, quarta e quinta corona PGTU come si può osservare dai risultati numerici.

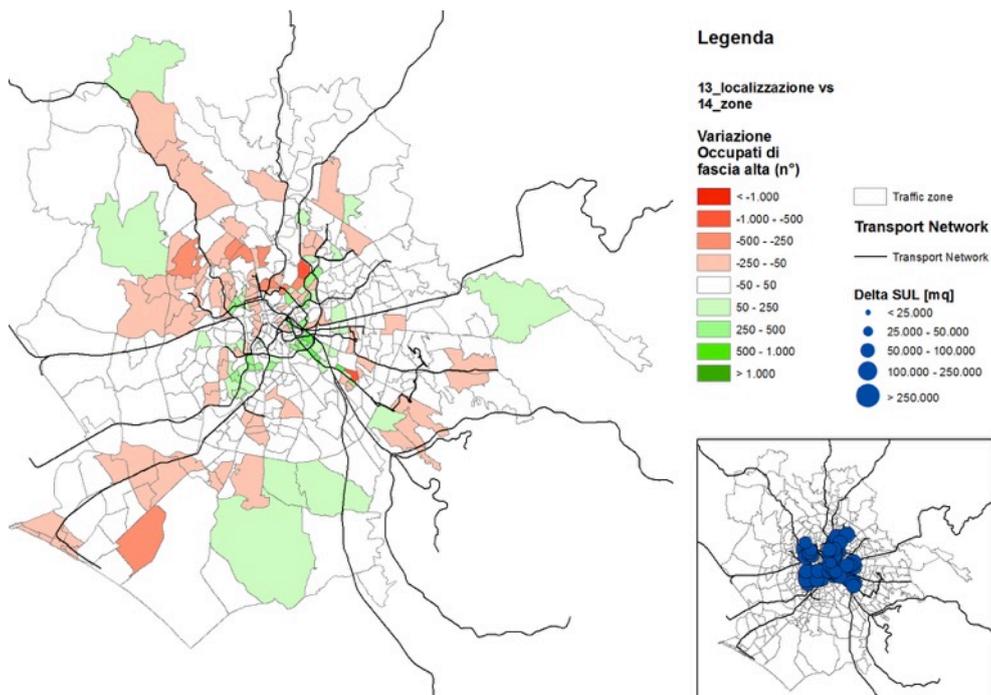


Figura 16: Variazione degli Occupati Alti per zona di traffico a seguito della simulazione

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.

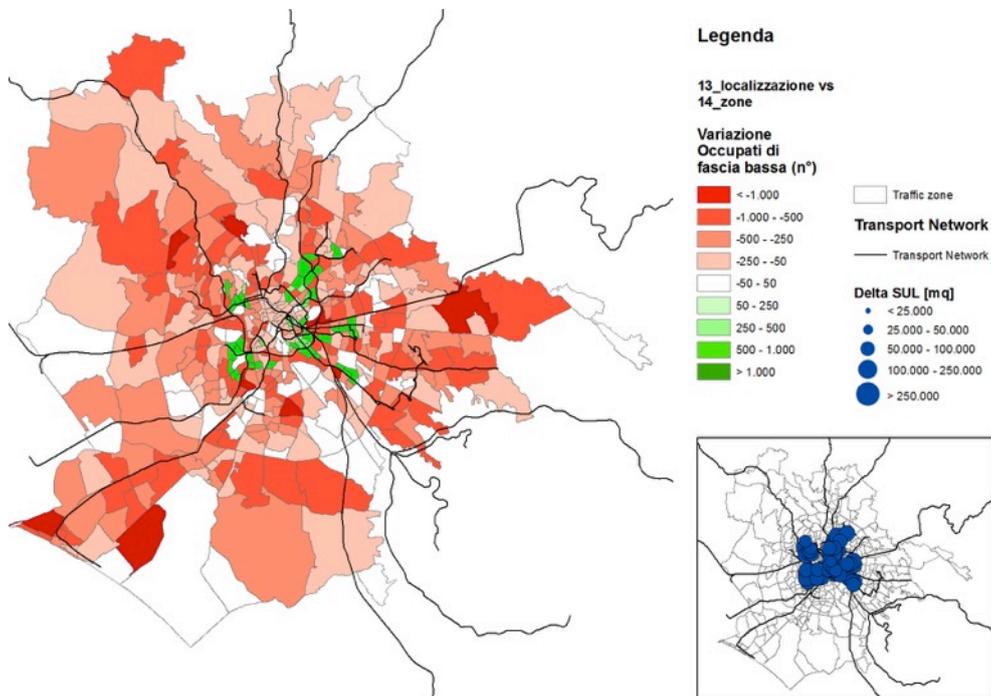


Figura 17: Variazioni degli Occupati Bassi per zona di traffico a seguito della simulazione

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	49.816	9.056	99.141
2	215.357	50.111	395.599
3	167.159	65.749	369.053
4	83.920	31.894	217.093
5	67.215	33.338	193.953
Totale	583.467	190.148	1.274.839

Tabella 33: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario COMPATTO_01_P

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-3.100	-1.576	-4.827
2	7.182	8.343	16.067
3	9.159	6.667	16.294
4	-8.149	-6.668	-15.279
5	-5.092	-6.766	-12.256
Totale	0	0	0

Tabella 34: Variazione Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario COMPATTO_01_P

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-6%	-15%	-5%
2	3%	20%	4%
3	6%	11%	5%
4	-9%	-17%	-7%
5	-7%	-17%	-6%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 35: Variazione percentuale Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario COMPATTO_01_P

Analizzando i risultati ottenuti a seguito della simulazione dello *Scenario Compact_01_P* relativamente agli *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 loro diminuzione.

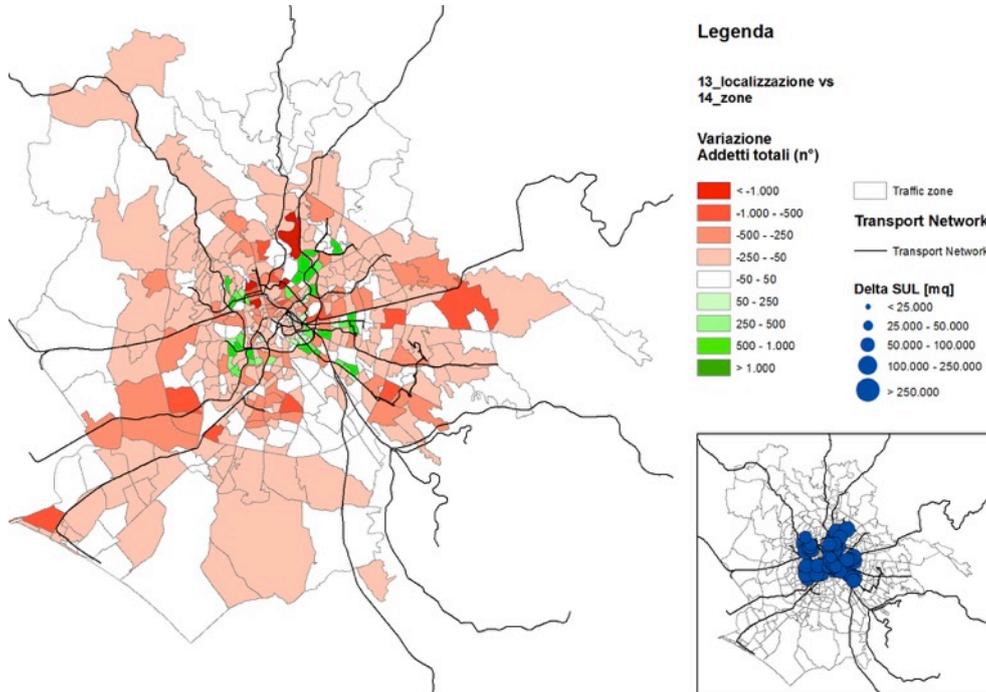


Figura 18: Variazione degli Addetti Totali per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.1 Addetti al Commercio

In seguito alla simulazione gli *Addetti al Commercio* diminuiscono all'interno della quarta corona e della quinta corona, mentre si registrano incrementi significativi nella seconda e nella terza corona PGTU.

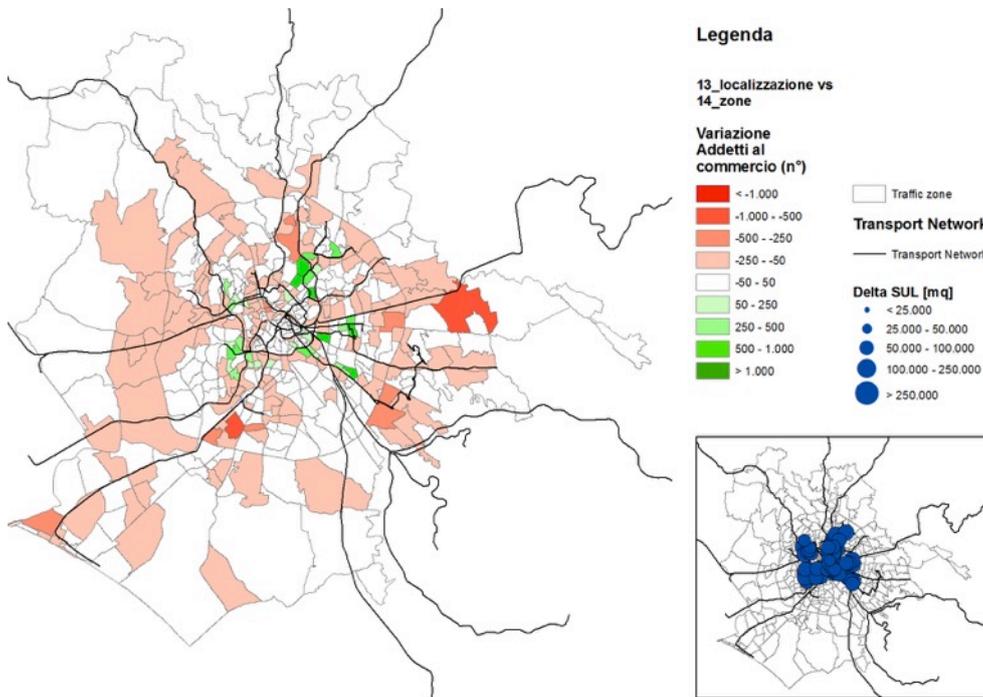


Figura 19: Variazione degli Addetti al Commercio per zona di traffico a seguito della simulazione

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 quinta corona vi è una diminuzione di Addetti ai Servizi.

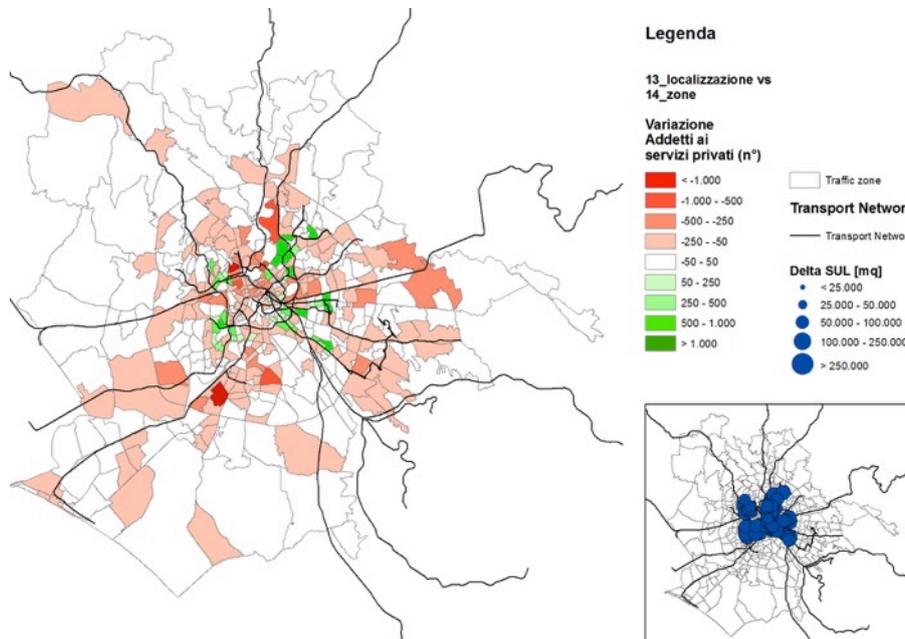


Figura 20: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati per zona di traffico a seguito della simulazione

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_P. 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. Dall'analisi delle variazioni dei tempi disaggregati per PGTU è possibile osservare che i tempi in auto dello scenario in oggetto: i) sono sempre minori dei corrispettivi tempi dello scenario di base ii) sono minori nelle prime quattro corone e significativamente maggiori nella quinta corona se paragonati con lo scenario PRG_P dove, per l'appunto, la maggior parte degli interventi sono previsti nel territorio comunale esterno al GRA. Un discorso analogo può essere fatto per i tempi medi in uscita con il trasporto pubblico: essi sono minori nella seconda, terza e quarta corona sia nel confronto con lo scenario di base che con lo scenario PRG_P e maggiori nella prima e quinta corona.

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).

Corona	Scenario		vs Base		vs PRG_P	
	Tempi medi auto	Tempi medi tp	Tempi medi auto	Tempi medi tp	Tempi medi auto	Tempi medi tp
	minuti	minuti	%	%	%	%
1	24,8	16,9	-8,7%	5,9%	-6,0%	2,9%
2	24,4	19,6	-9,4%	-2,8%	-5,7%	-2,7%
3	27,8	24,5	-10,4%	-9,5%	-2,8%	-4,2%
4	29,6	33,8	-11,9%	-5,9%	-0,9%	-2,1%
5	42,0	51,2	-9,2%	2,0%	11,8%	2,7%
scenario	32,2	27,6	-11,0%	-6,4%	-2,1%	-8,9%

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

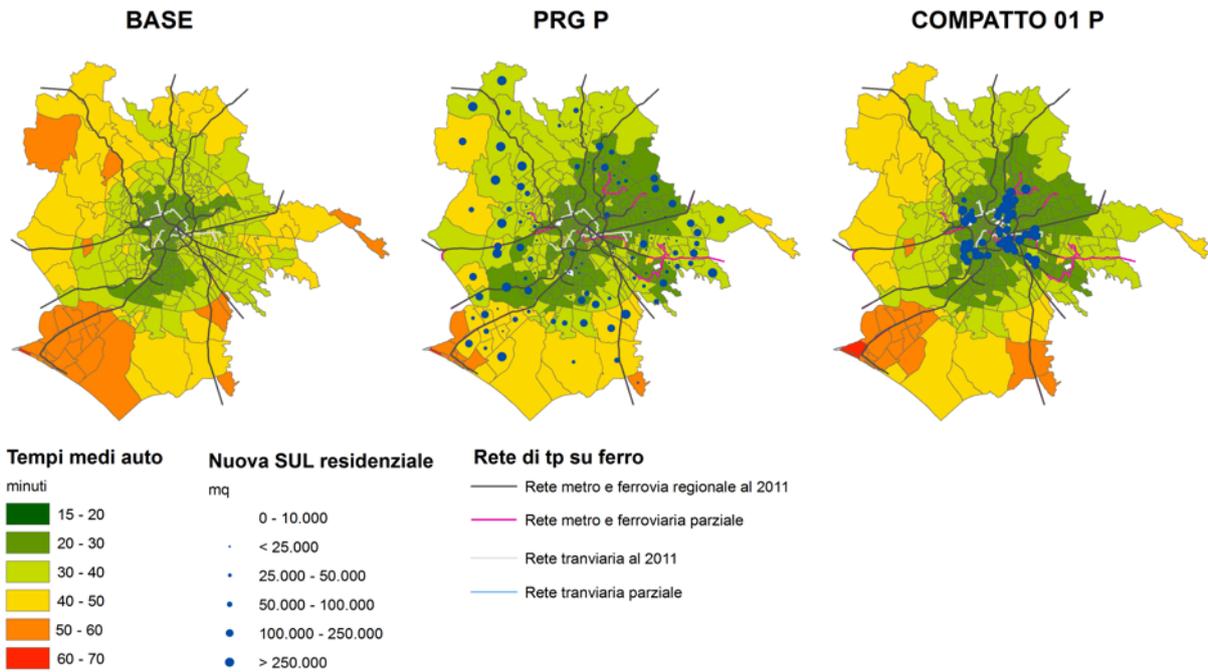


Figura 21: Tempi medi auto in uscita scenari Compatto_01_P, PRG_P e Base

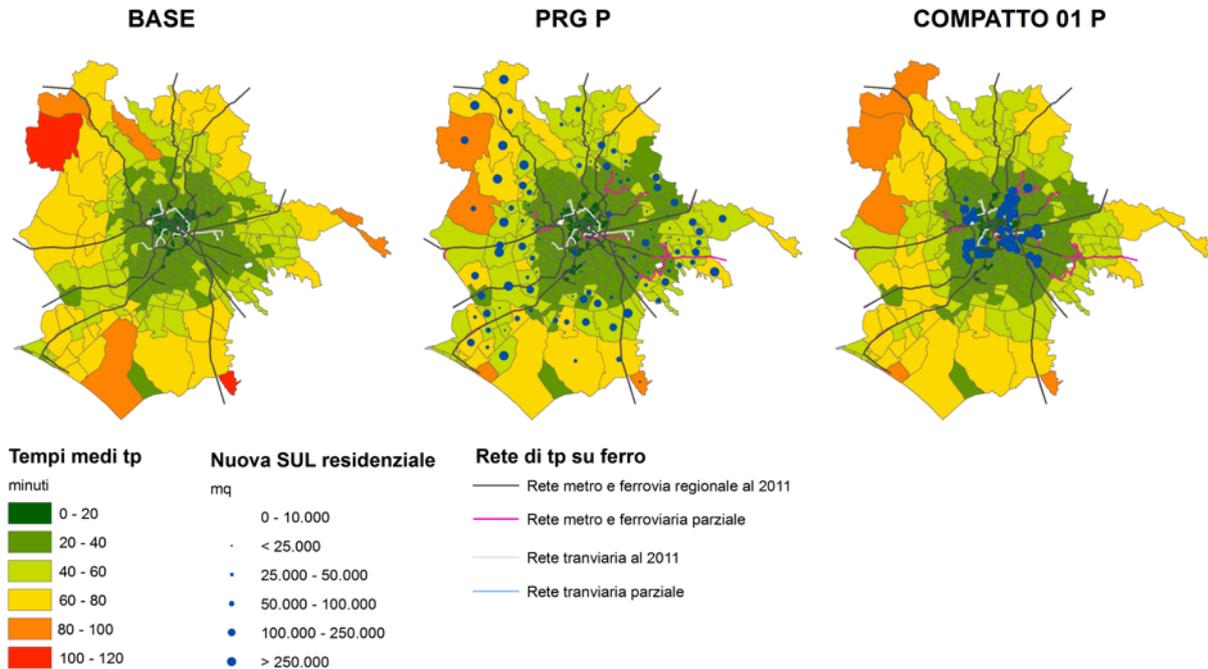


Figura 22: Tempi medi trasporto pubblico (tp) in uscita scenari Compatto_01_P, PRG_P e Base

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:

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

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

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:

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

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

I costi di costruzione unitari per le diverse tipologie edilizie sono stati ricavati dal Bollettino Prezzi Tipologie Edilizie (Colleggio 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 $c_{acq.suoili}^{mq}$ 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.

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

$$c_{acq-suoi}^{mq} = f(\text{localizzazione})$$

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).

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

$$0.05 < k < 0.2$$

$$k = f(\text{localizzazione})$$

In tabella 38 vengono riportati i costi di costruzione che risultano grosso modo gli stessi dello scenario PRG_P. In questo caso due tendenze opposte determinano una variazione quasi nulla: da un lato nello scenario compatto la quantità di suoli necessari alla trasformazione è minore dello scenario di base; dall'altro il costo al mq per l'acquisizione dei suoli risulta essere maggiore, in virtù della centralità dei suoli interessati alla trasformazione.

Scenario			vs PRG_P
Costi edilizia	Costi infrastrutture	Costi totali	Costi totali
euro	Euro	euro	%
9.313.275.074	4.693.089.428	14.006.364.502	-0,5%

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

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_P. Il consumo di suolo dello scenario Compatto risulta essere minore dell' 15,7% rispetto allo scenario PRG_P in virtù delle tipologie edilizie presenti, caratterizzate da un numero maggiore di piani (a parità di SUL totale).

Scenario			vs PRG_P
<i>C. suolo edilizia</i>	<i>C. suolo infrastrutture</i>	<i>C. suolo totale</i>	<i>C. suolo totale</i>
mq	Mq	mq	%
1.316.681,00	3.392.379,10	4.709.060,10	-15,7%

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

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_P. 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_P
<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>
attività/ettaro	%	%
222,37	18,1%	50,5%

Tabella 40: Densità di attività nelle prime tre corone e confronto con gli scenari PRG_P 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_P
<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>	<i>Distanze totali</i>
veicoli.km	veicoli.km	veicoli.km
6.834.974	-10,0%	-24,4%

Tabella 41: Veicoli.km e confronto con gli scenari PRG_P 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_P. 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:

$$Emissioni_{CO2}^{auto} = Veicoli.km \cdot k_{emissioni}$$

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

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

Scenario	vs Base	vs PRG_P
<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>	<i>Consumo energetico</i>
GJ	GJ	GJ
31.578	-10,0%	-24,4%

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

Scenario	vs Base	vs PRG_P
<i>Emissioni CO2</i>	<i>Emissioni CO2</i>	<i>Emissioni CO2</i>
t	t	t
599	-10,0%	-24,4%

Tabella 43: Emissioni di CO2 derivanti dall'uso dell'auto e confronto con gli scenari PRG_P 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_P
<i>Corona</i>	<i>Distanze medie auto</i>	<i>Distanze medie auto</i>	<i>Distanze medie auto</i>

	Km	%	%
1	8,5	3,0%	-10,3%
2	8,8	3,5%	-11,1%
3	10,8	6,2%	-9,0%
4	13,5	6,9%	-5,6%
5	19,7	3,7%	2,2%
scenario	13,9	3,3%	-11,4%

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

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

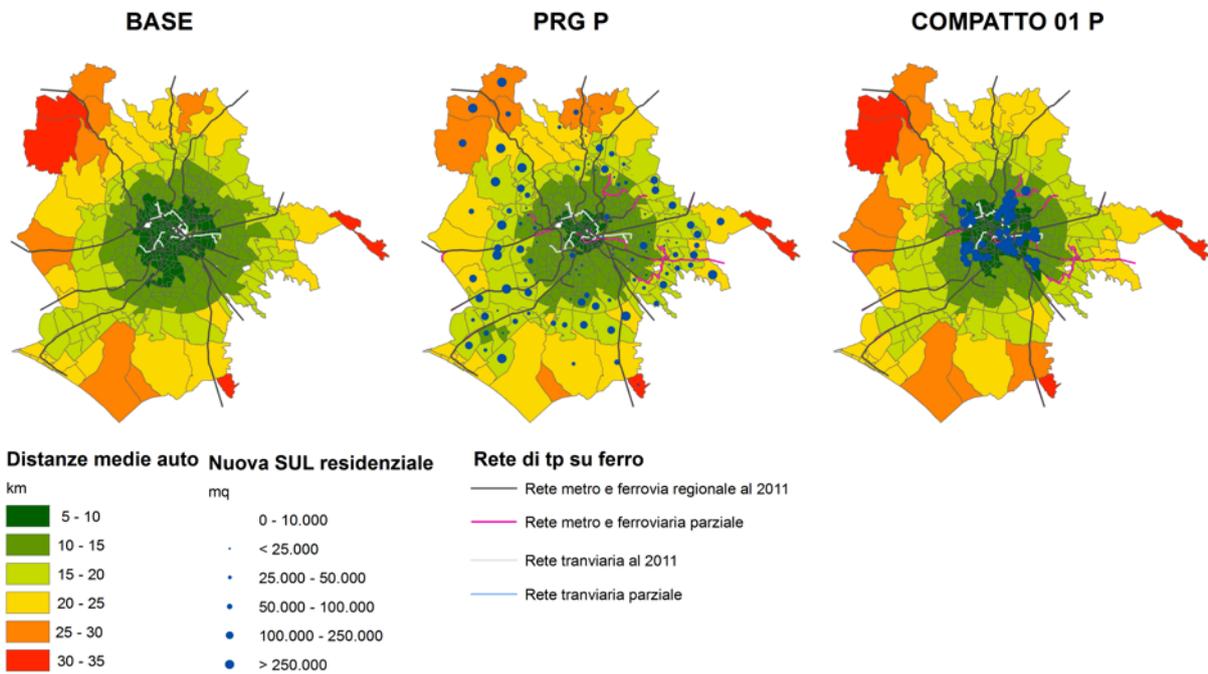


Figura 23: Distanze medie in uscita percorse in auto, scenari Compattto_01_P, PRG_P e Base

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

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

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
313.025	198.704	60.321	56.194

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
1,4%	8,3%	-1,0%	5,5%

vs PRG_P			
<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
-22,8%	7,1%	21,5%	-5,6%

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

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>
%	%	%	%
49,8%	31,6%	9,6%	8,9%

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
-2,1%	4,5%	-4,4%	1,8%

vs PRG_P			
<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
-13,9%	19,4%	35,3%	5,2%

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

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_P e base si nota che l'accessibilità con l'auto è maggiore in tutte le corone. Ciò vale anche per il trasporto pubblico.

Corona	Scenario		vs Base		vs PRG_P	
	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp	Accessibilità auto	Accessibilità tp
	adimensionale	adimensionale	%	%	%	%
1	58	67	21,3%	18,5%	11,4%	13,8%
2	51	57	24,8%	20,7%	15,3%	14,2%
3	35	46	29,8%	27,0%	11,7%	14,9%
4	27	31	25,6%	23,6%	1,2%	10,4%
5	12	20	23,1%	23,0%	-9,0%	16,2%
scenario	33	41	32,3%	29,9%	21,7%	34,8%

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

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_P
Coeff. Gini	Coeff. Gini	Coeff. Gini
adimensionale	%	%
0,14551	-52,5%	-67,2%

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

Dall'analisi del coefficiente di Gini risulta che lo scenario Compatto è il più equo. Ciò è dovuto al fatto 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_P una parte della popolazione si localizza in periferia. Pertanto, nello scenario PRG_P 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.

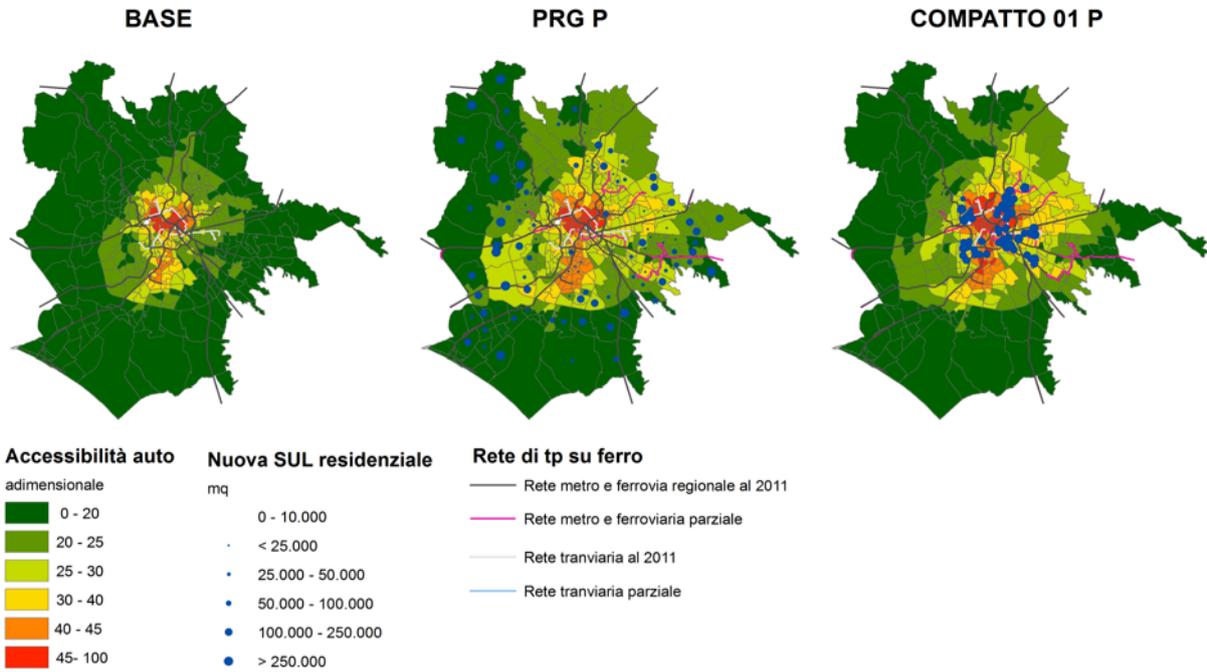


Figura 24: Accessibilità al lavoro con l'auto, scenari Compatto_01_P, PRG_P e Base

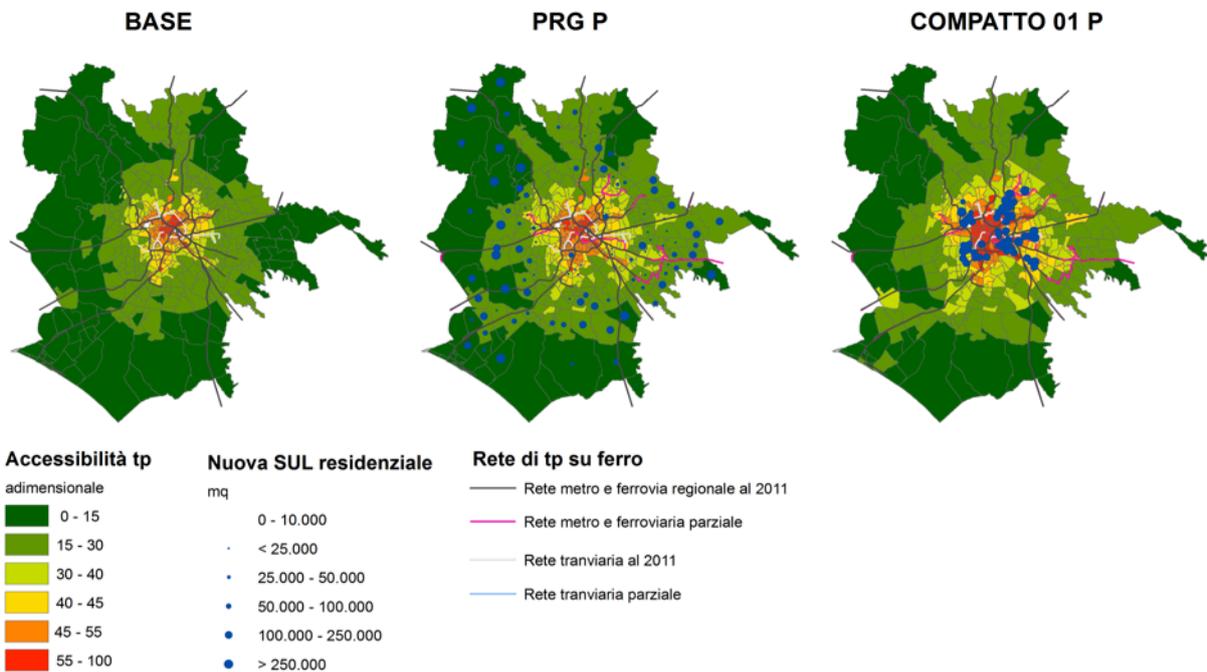


Figura 25: Accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico, scenari Compatto_01_P, PRG_P e Base

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.