SUM
SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

Linee guida per la mobilità sostenibile nelle aree urbane

PRIN 2009

REPORT SCENARIO

TOD_02_C

REPORT SCENARIO: TOD 02 C

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 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 Spoostamenti 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 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 TOD_02_C è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo urbano orientato alla rete di trasporto pubblico su ferro nel quale gli interventi presvisti sono localizzati nelle aree di stazione delle nuove linee del trasporto pubblico su ferro.

Lo scenario considera inoltre usa 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.

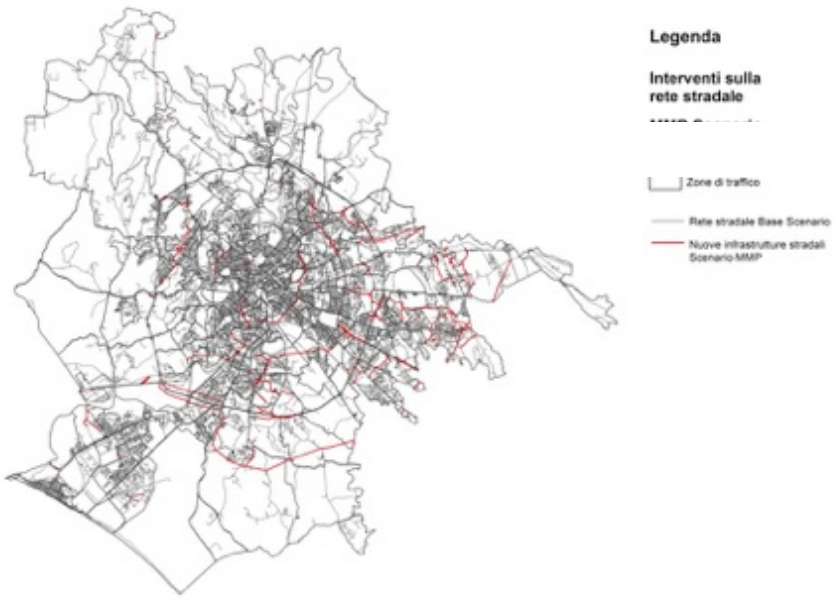

Figura 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale.

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.

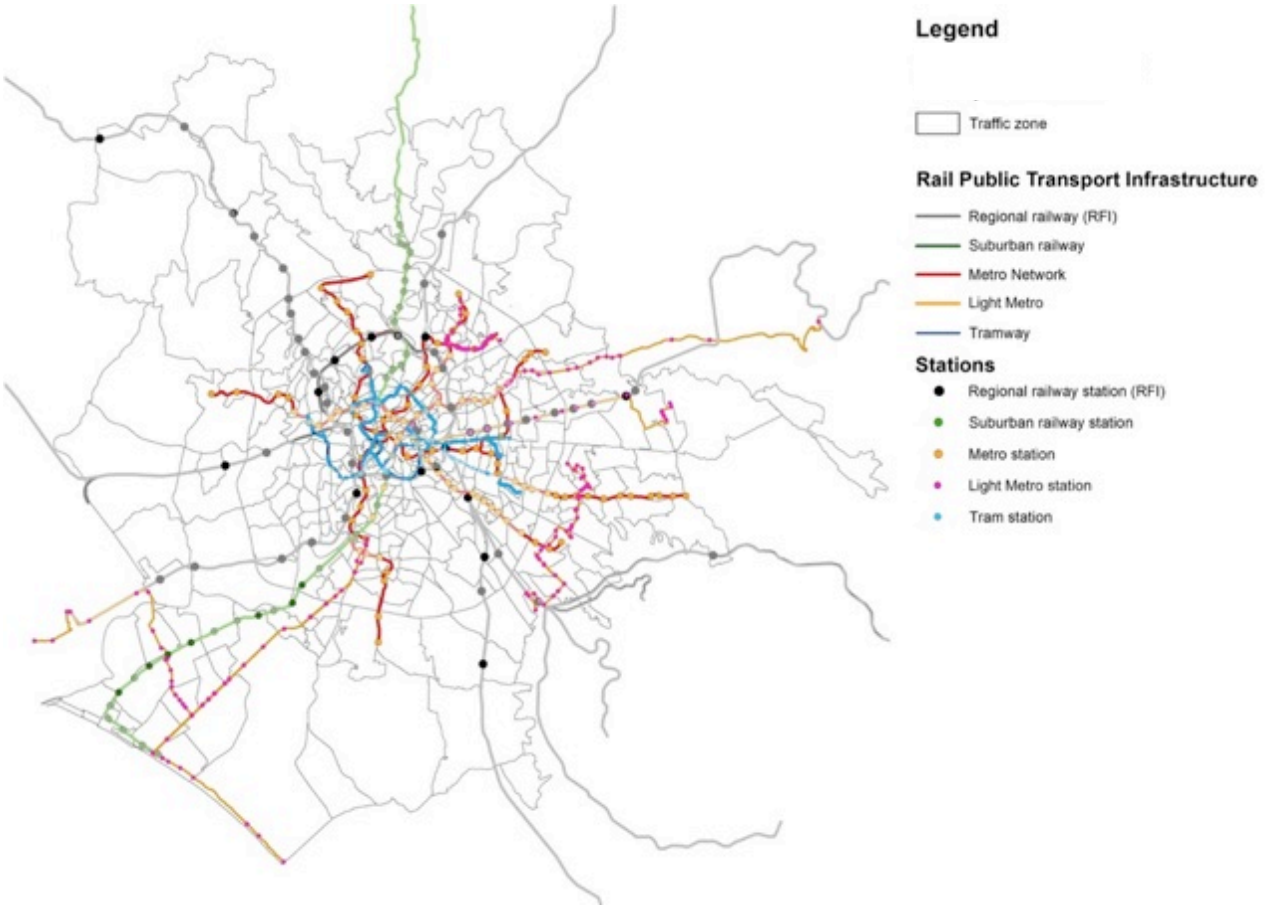

Figura 2: Mappa dei nuovi interventi sulla rete di trasporto pubblico su ferro

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.

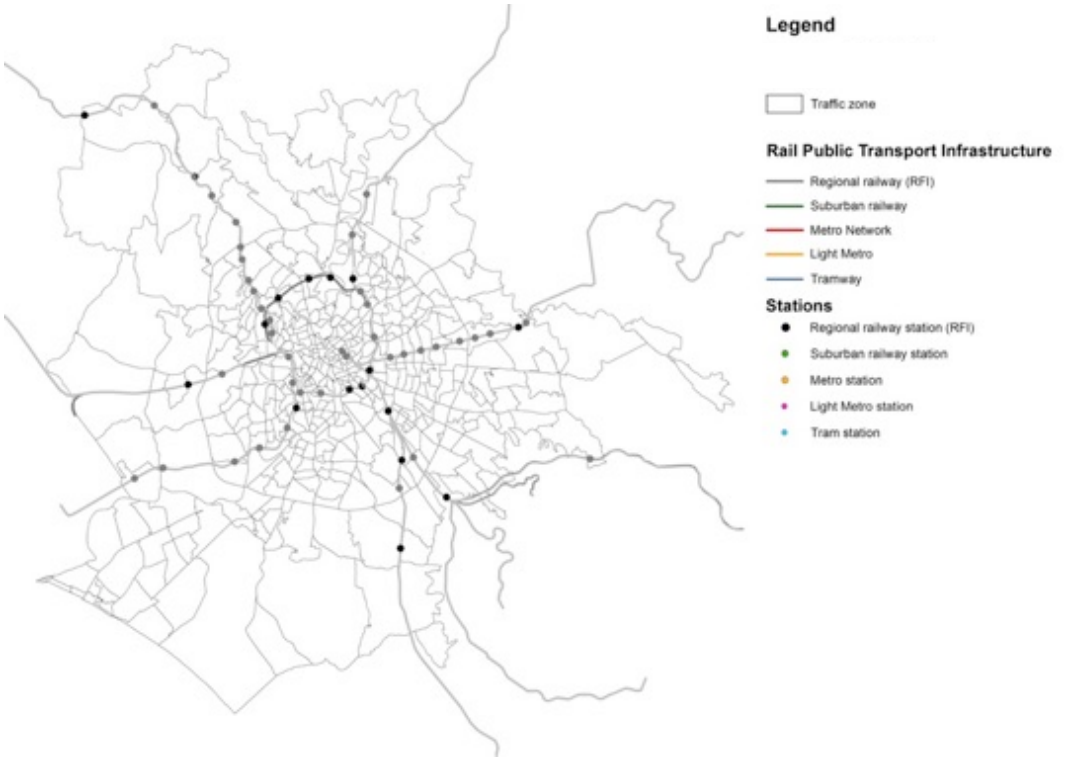

Figura 3: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete ferroviaria regionale

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 stazioni 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.

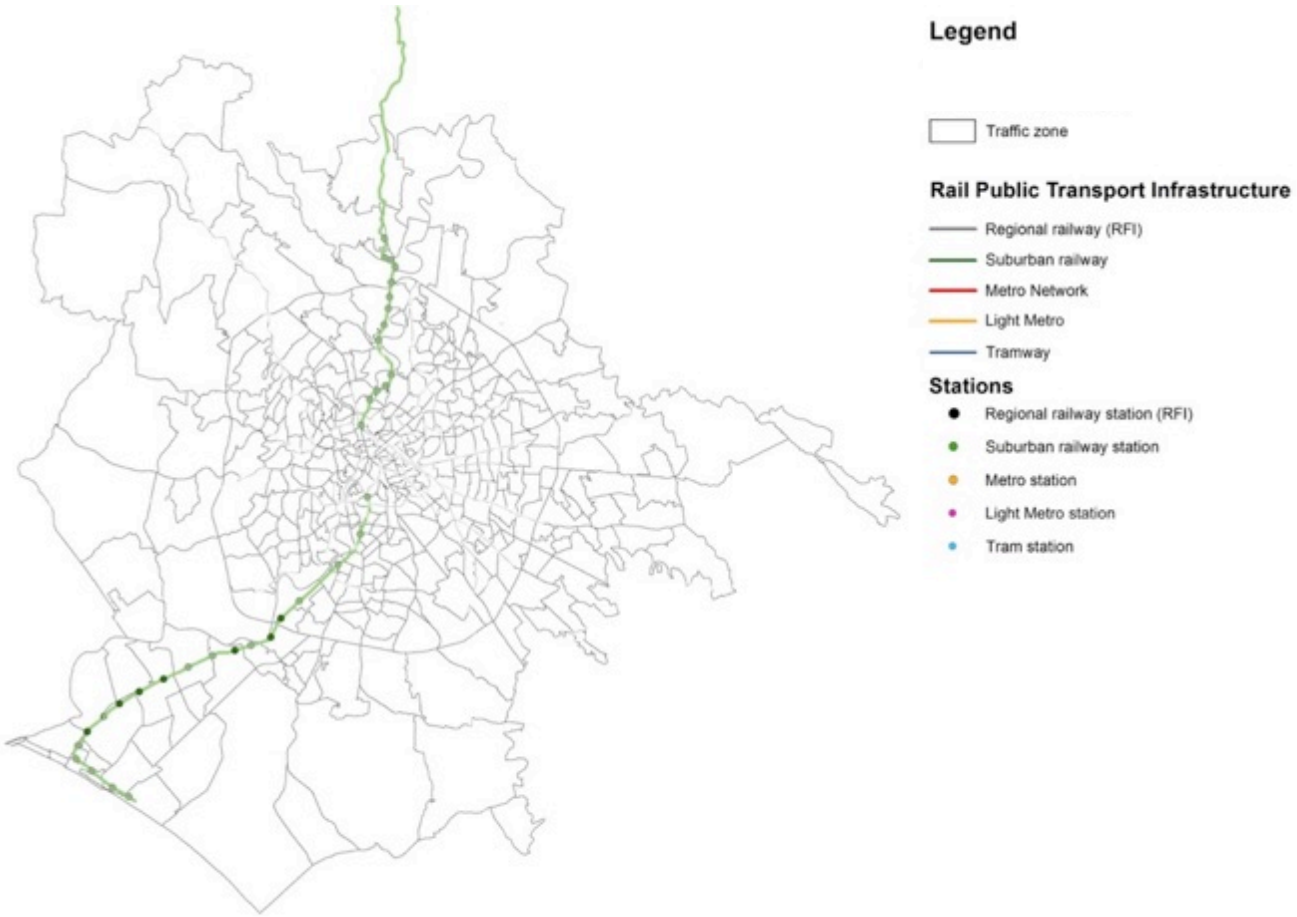

Figura 4: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete sub-urbana

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 Ojetti 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.

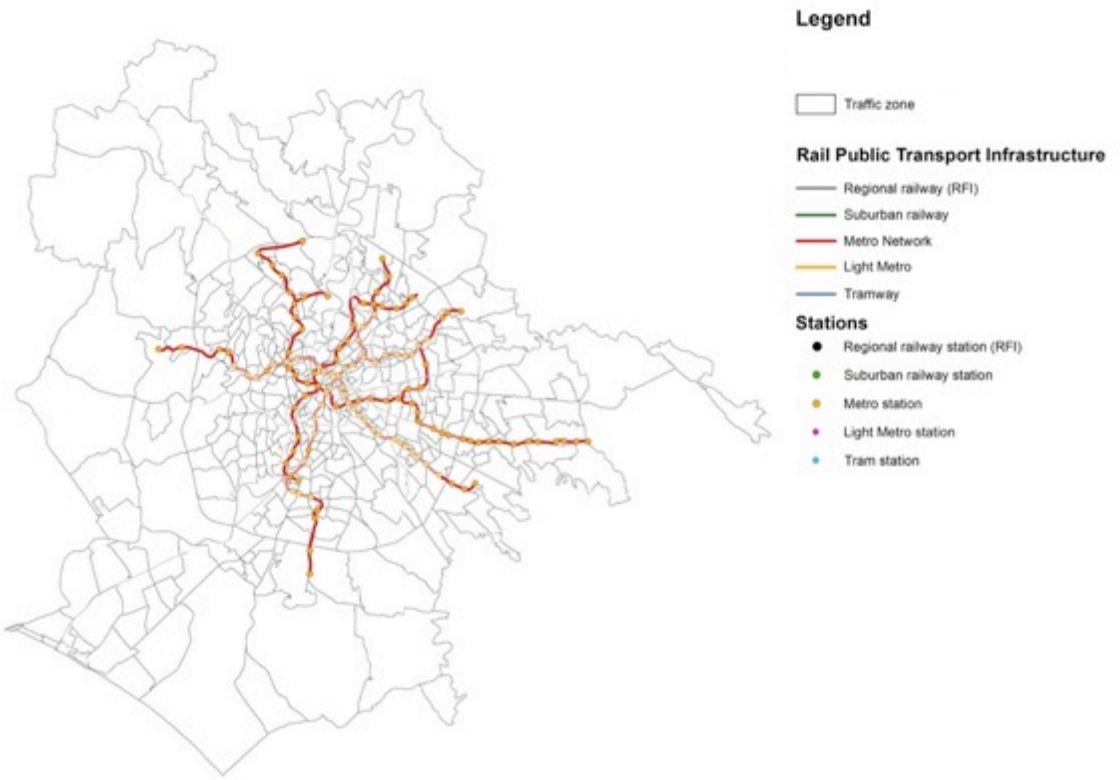

Figura 5: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

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

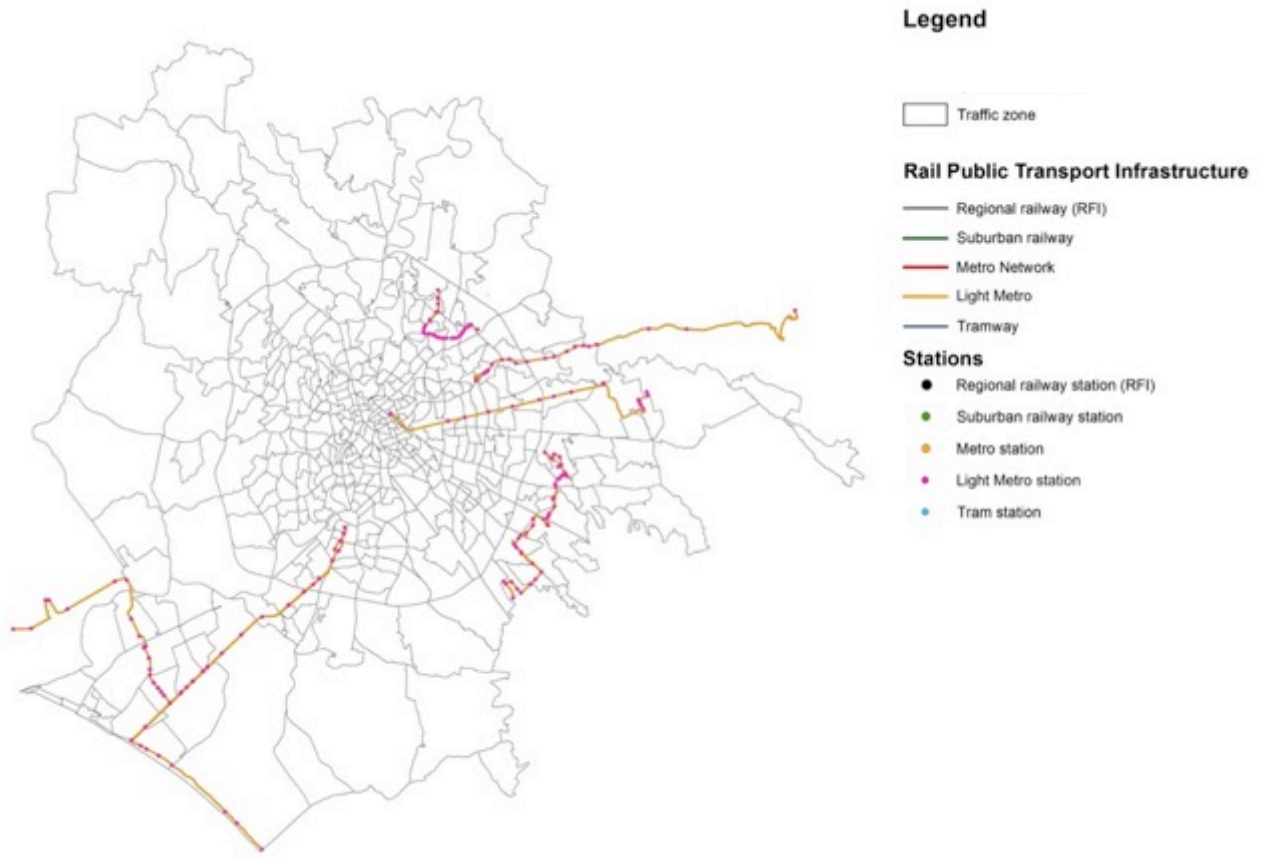

Figura 6: Mappa dei nuovi interventi infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

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.

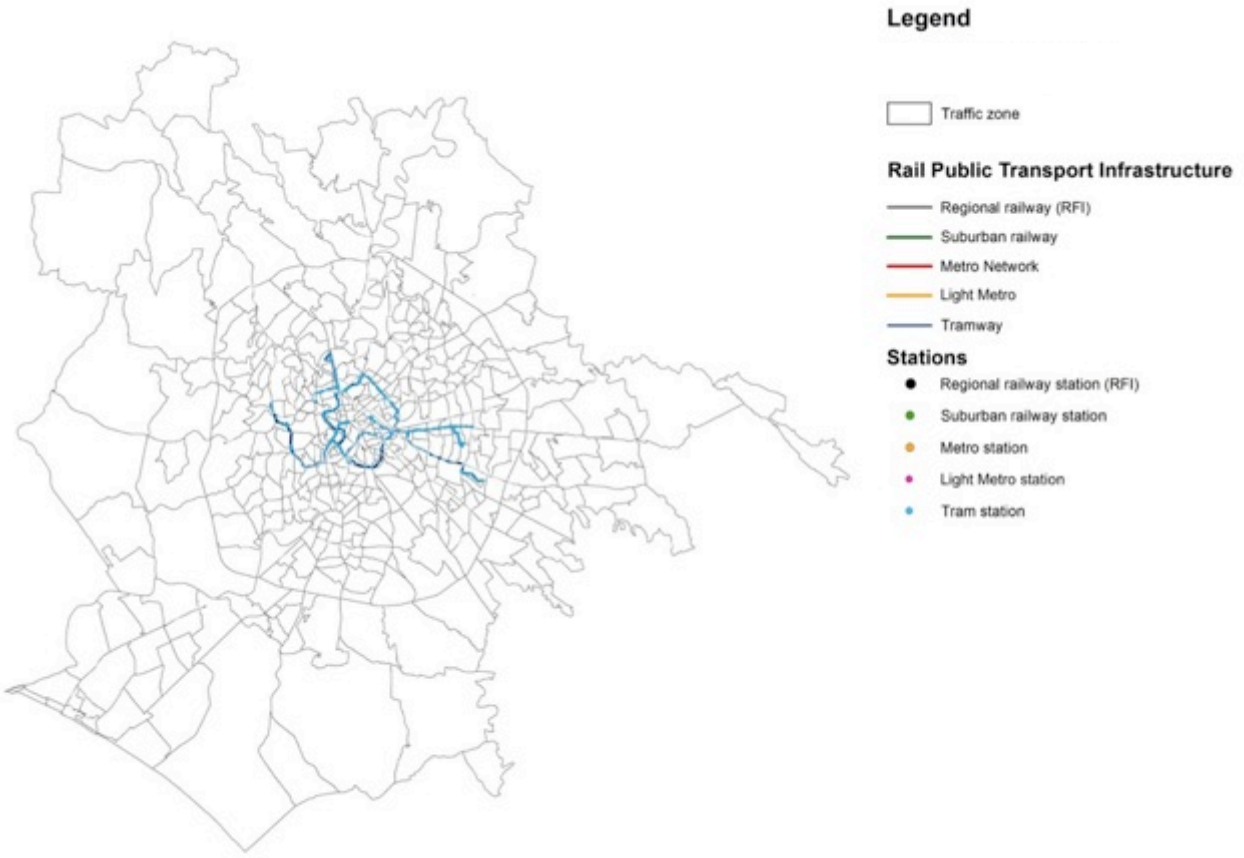

Figura 7: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

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 Casaletto	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 TOD_02_C è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo urbano orientato alla rete di trasporto pubblico su ferro nel quali gli 11,6 milioni di mq di SUL residenziale sono stati localizzati nelle aree di stazione delle nuove linee del trasporto pubblico su ferro. Il risultato di tali interventi consiste nella creazione di insediamenti compatti, caratterizzati da elevata densità residenziale ed elevato mix funzionale, intorno ai nodi del trasporto pubblico su ferro. Lo scenario TOD_02_C in particolare prevede la densificazione delle aree di stazione della rete completa. I principali interventi pertanto si concentrano nella terza, quarta e quinta corona dove si prevede la realizzazione delle nuove stazioni della rete di trasporto pubblico su ferro. La nuova offerta di superfici residenziali è concentrata principalmente nelle zone intra-GRA a nord del centro storico e delle zone sud-est esterne al raccordo anulare. Tali aree nello scenario di base sono infatti quelle in cui si registra la maggiore disponibilità di superfici non edificate nonché bassi valori di densità residenziale e una discreta accessibilità alle aree centrali in cui si concentrano buona parte delle attività economiche della città.

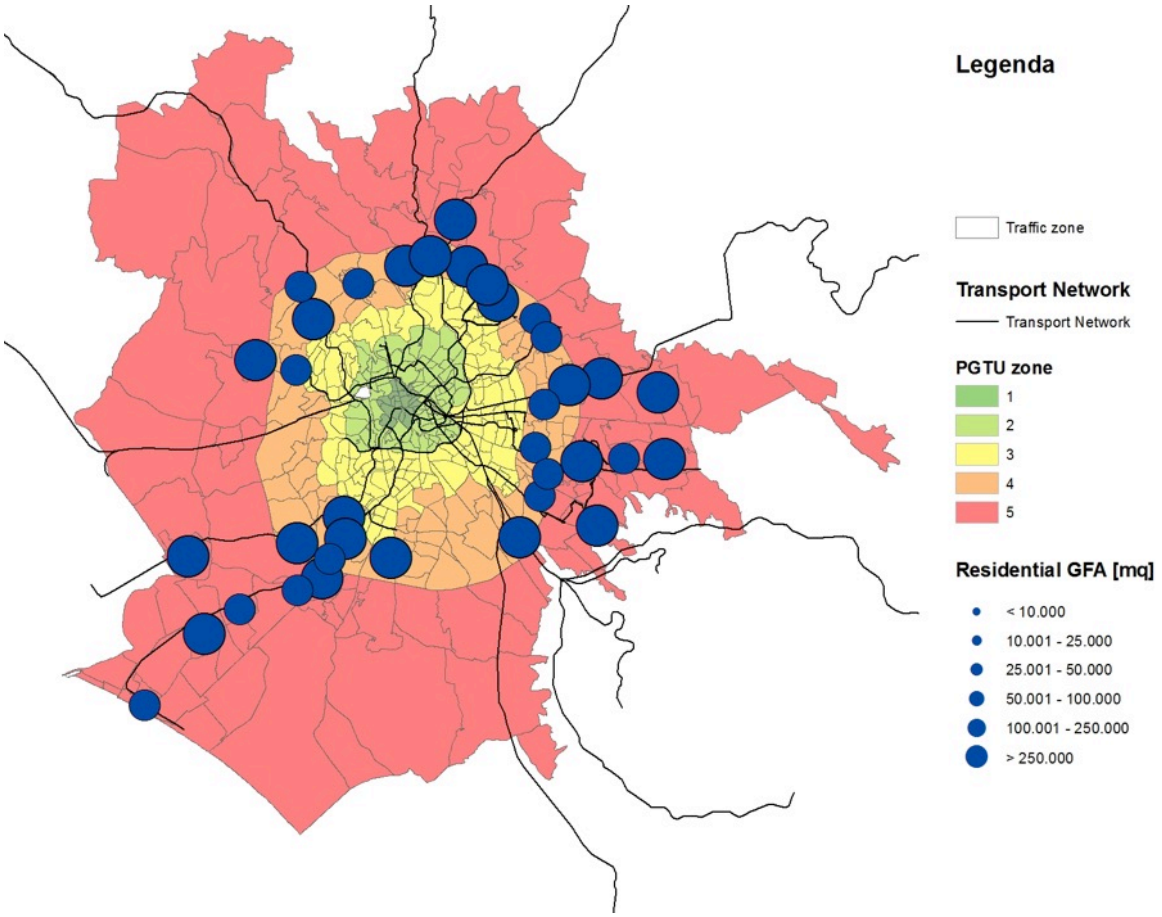

Figura 8: Interventi sullo stock immobiliare

Corone	Variazione SUL Residenziale		Variazione IUT Residenziale	Variazione Abitazioni	
	(m²)	(%)	(m²/ha)	(n)	(n/ha)
1	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00
4	6.369.083,00	25,38%	322,22	76.223,00	3,98
5	5.322.551,00	20,71%	57,10	63.365,00	0,68
Totali	11.691.634,00	10,74%	91,72	139.588,00	1,10

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 quarta e quinta corona PGTU.

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	7.398	11.275	41.503	45.456	8.439	93.756
2	35.741	77.502	257.318	148.518	24.456	300.700
3	63.145	203.566	635.861	108.834	38.251	279.767
4	79.093	377.545	849.837	142.659	52.715	299.132
5	81.157	338.366	827.457	138.001	66.287	301.483
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 TOD_02_C Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-3.285	-7.636	-18.985	-7.460	-2.193	-10.212
2	-13.412	-64.138	-137.677	-32.355	-8.211	-42.429
3	-17.482	-134.039	-263.231	-22.161	-11.830	-36.987
4	31.242	163.340	321.227	50.590	14.152	66.760
5	22.563	95.204	207.005	65.694	26.184	95.274
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 TOD_02_C Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-31%	-40%	-31%	-14%	-21%	-10%
2	-27%	-45%	-35%	-18%	-25%	-12%
3	-22%	-40%	-29%	-17%	-24%	-12%
4	65%	76%	61%	55%	37%	29%
5	39%	39%	33%	91%	65%	46%
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 TOD_02_C Simulato

2.1.2 Struttura della domanda come varia la matrice OD

Di seguito sono riportate le matrici OD con degli spostamenti per modo e motivo tra le varie corone PGTU, dall'analisi dei valori numerici si nota che solo la quarta e la quinta corona PGTU sono interessate da un incremento di domanda di spostamenti in entrata e in uscita, mentre per le altre corone si registra una generale diminuzione 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	4.340	3.909	2.500	850	538	12.137
2	11.462	37.490	19.842	7.076	4.454	80.325
3	14.933	54.280	80.866	27.945	17.989	196.012
4	7.320	37.318	55.124	57.136	29.442	186.339
5	5.173	29.666	45.058	38.222	84.279	202.398
Totale	43.227	162.663	203.389	131.229	136.702	677.211

Tabella 12: Matrice OD per lo scenario TOD_02_C

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-991	-19%	-685	-15%	228	10%	242	40%	253	88%	-953	-7%
2	-2.094	-15%	-15.016	-29%	-3.558	-15%	909	15%	1.508	51%	-18.250	-19%
3	-810	-5%	-7.989	-13%	-21.387	-21%	1.815	7%	4.766	36%	-23.605	-11%
4	2.294	46%	11.094	42%	13.200	31%	16.890	42%	14.867	102%	58.345	46%
5	1.984	62%	9.621	48%	10.613	31%	12.673	50%	20.388	32%	55.279	38%
Totale	383	1%	-2.974	-2%	-903	0%	32.528	33%	41.782	44%	70.816	12%

Tabella 13: Confronto tra le Matrici OD dello scenario di Base e dello scenario TOD_02_C

2.2 Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione

2.2.1 Variazione Occupati di fascia alta

Le zone di traffico interessate da variazioni positive di *occupati di fascia alta*, appartengono alla quarta e quinta corona PGTU.

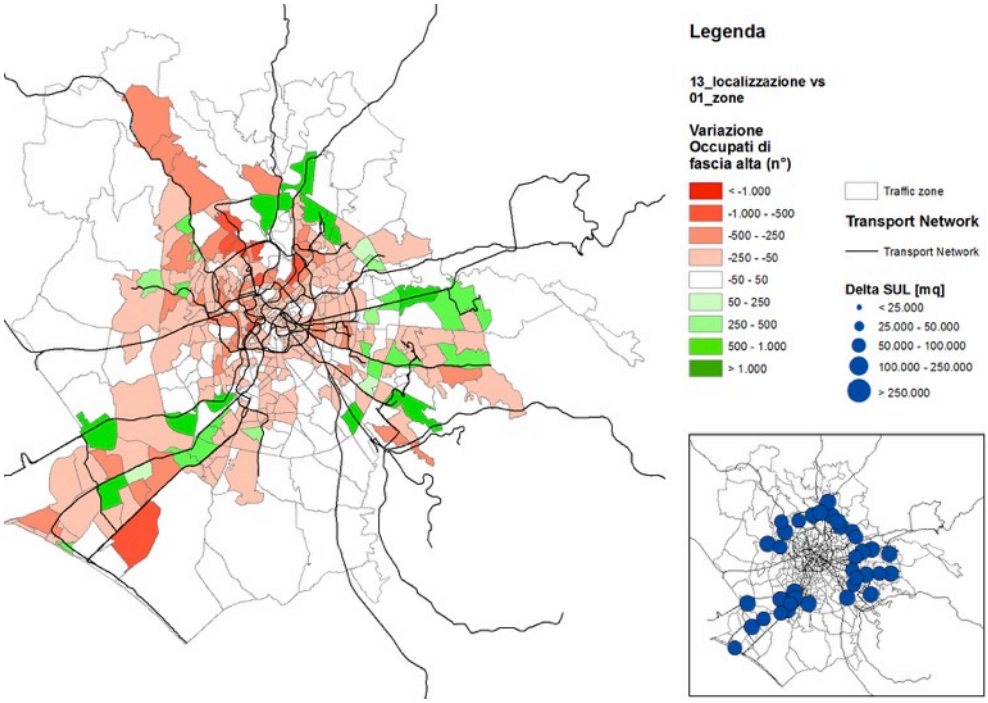

Figura 9: Variazione di Occupati di fascia alta tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

2.2.2 Variazione Occupati di fascia bassa

Le zone di traffico interessate da variazioni positive di *occupati di fascia bassa*, appartengono alla quarta quinta corona PGTU.

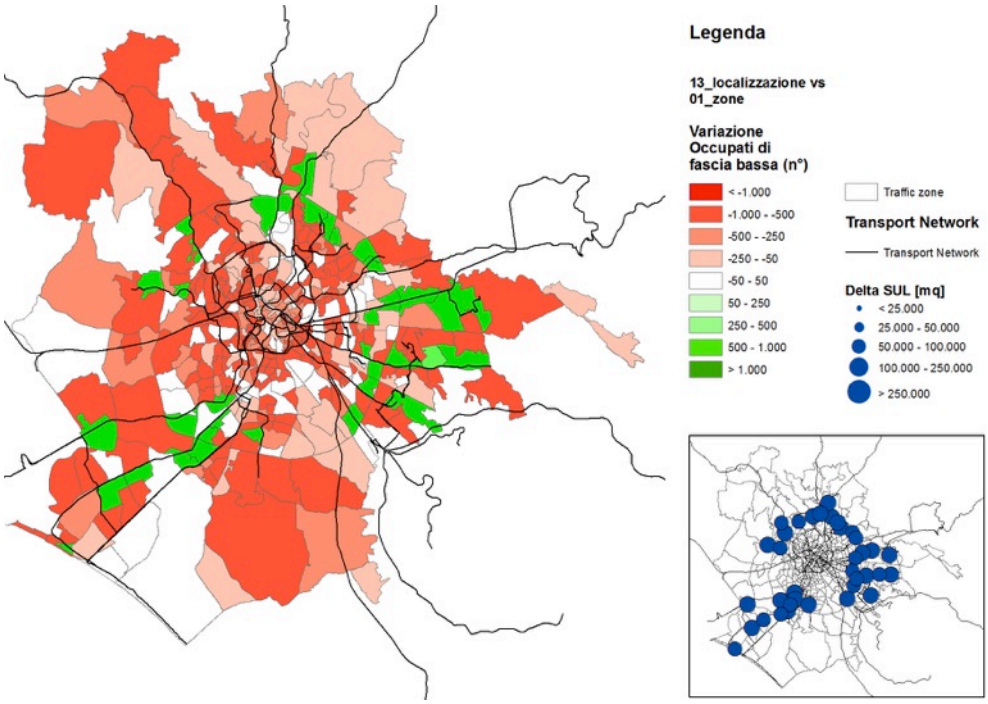

Figura 10: Variazione di Occupati di fascia bassa tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

2.2.3 Variazione Popolazione totale

La gran parte della popolazione residente a seguito della simulazione va a rilocalizzarsi nelle aree appartenenti alla quarta e quinta corona PGTU ed in particolare in quelle zone dove è localizzata nuova SUL.

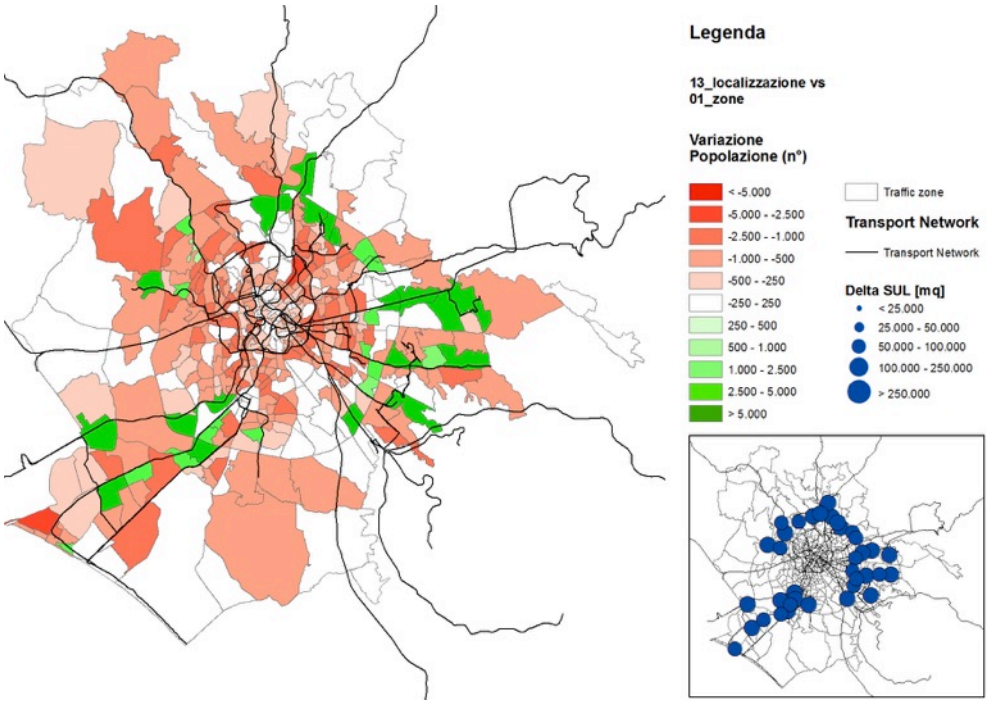

Figura 11: Variazione di Popolazione tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

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

2.3.1 Variazione degli Addetti al Commercio

Le variazioni positive e negative più significative di *addetti al commercio* si verificano nella quinta corona PGTU.

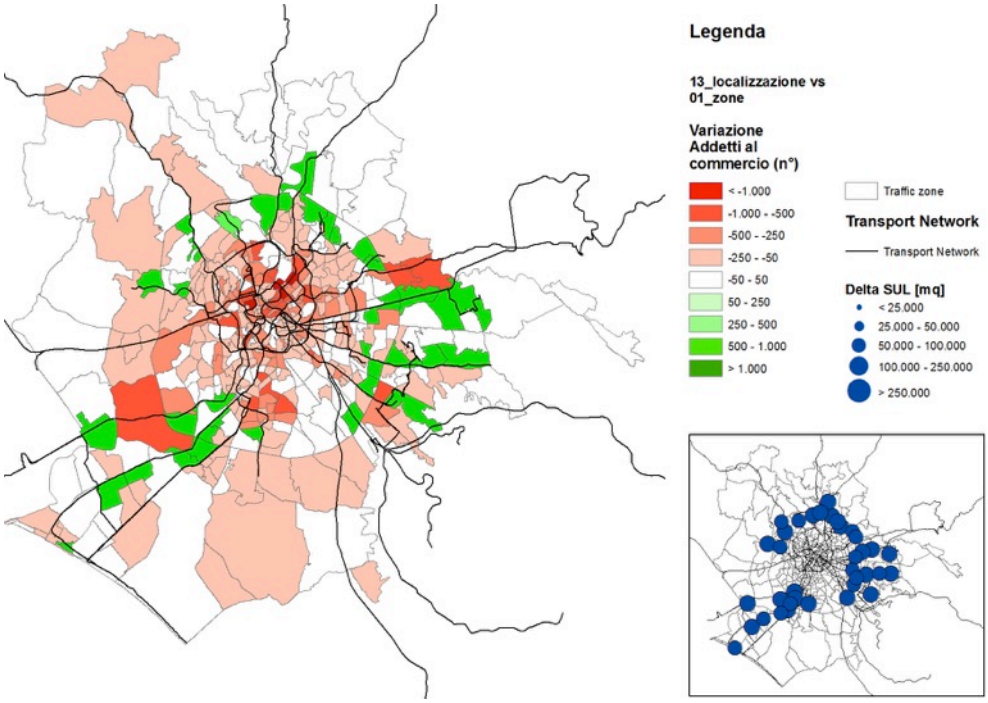

Figura 12: Variazione degli Addetti al Commercio tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C

2.3.2 Variazione degli Addetti ai Servizi Privati

Variazioni positive significative di *addetti ai servizi privati* si verificano nella quarta e quinta corona PGTU.

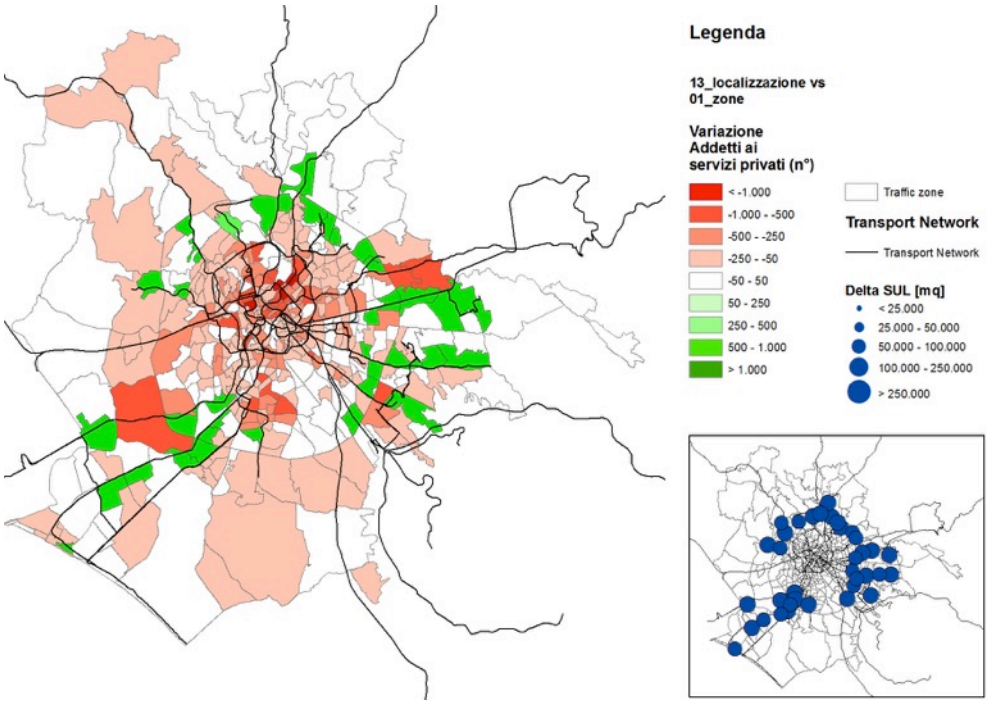

Figura 13: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

2.3.3 Variazione Addetti Totali

Valutando i risultati ottenuti dalla simulazione relativamente agli *addetti totali* è evidente la tendenza a rilocalizzare le attività nelle zone di traffico più periferiche comprese nella quarta equinta corona PGTU, a scapito delle zone di traffico più centrali.

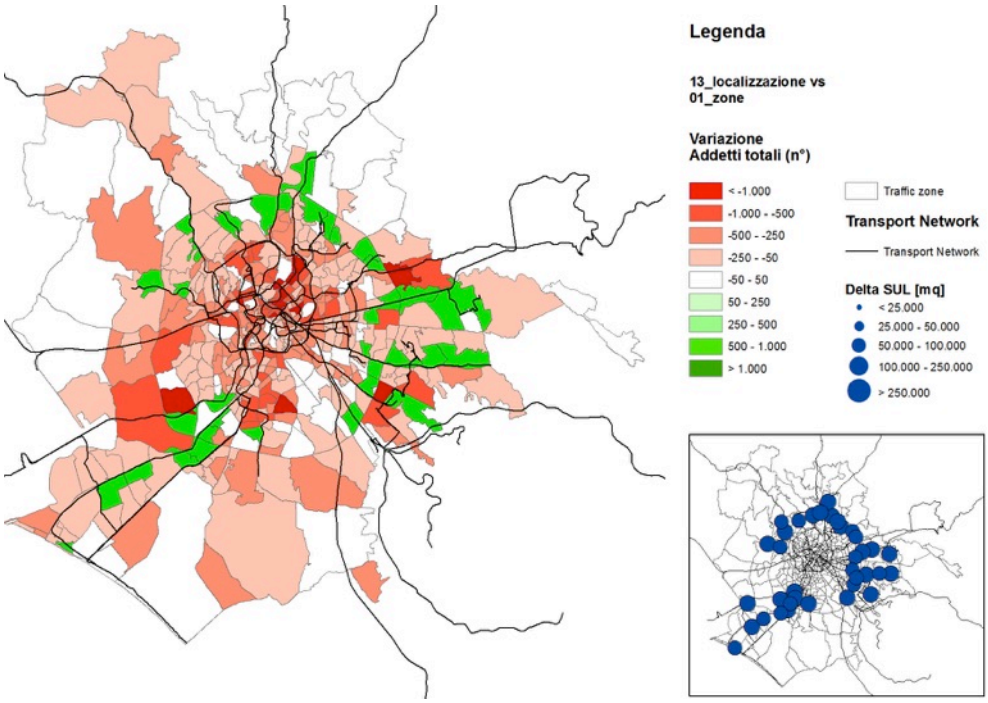

Figura 14: Variazione degli Addetti Totali tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

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 TOD_02_C 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 Spoostamenti Casa-Lavoro

I risultati numerici ottenuti indicano un incremento degli spostamenti casa-lavoro da, verso e all'interno la quarta e quinta corona, questo sta ad indicare che sono numerose le residenze e le attività che la rilocalizzazione effettuata a seguito della simulazione va ad insediare in queste corone.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-799	-21%	-466	-17%	127	17%	8	2%	43	35%	-1.089	-14%
2	-1.480	-14%	-8.888	-27%	-275	-3%	-77	-2%	372	27%	-10.348	-18%
3	-784	-7%	-4.050	-11%	-7.783	-16%	-1.658	-10%	826	10%	-13.450	-11%
4	971	34%	6.561	48%	5.738	32%	3.829	14%	5.048	59%	22.147	31%
5	945	95%	6.318	71%	5.117	35%	4.192	25%	6.479	16%	23.051	28%
Totale	-1.147	-4%	-526	-1%	2.923	3%	6.293	10%	12.768	22%	20.311	6%

Tabella 14: Confronto Matrice OD per PGTU per il motivo lavoro tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_02_C Simulato

2.4.1.2 Spostamenti Casa-Altri Motivi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-192	-13%	-218	-12%	102	7%	234	77%	210	130%	136	3%
2	-613	-19%	-6.128	-31%	-3.283	-22%	986	34%	1.136	72%	-7.902	-19%
3	-26	-1%	-3.939	-16%	-13.603	-25%	3.473	39%	3.941	75%	-10.154	-10%
4	1.323	60%	4.533	36%	7.463	31%	13.060	101%	9.819	165%	36.198	63%
5	1.039	47%	3.303	29%	5.495	28%	8.481	97%	13.909	59%	32.228	49%
Totale	1.531	11%	-2.448	-4%	-3.827	-3%	26.235	77%	29.014	79%	50.505	19%

Tabella 15: Matrice OD per PGTU per motivo non lavoro (ScSup, ScUni e Altro) tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_02_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 si nota un incremento degli spostamenti in auto con origine e destinazione nella quarta e quinta corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	0	0%	-174	-15%	-181	-15%	114	25%	133	59%	-107	-3%
2	0	0%	-2.147	-19%	-2.777	-22%	592	12%	1.009	42%	-3.323	-11%
3	0	0%	-2.777	-22%	-7.820	-19%	1.396	7%	3.579	31%	-5.621	-7%
4	0	0%	592	12%	9.642	35%	13.839	64%	13.272	105%	37.346	56%
5	0	0%	7.163	66%	7.621	30%	11.613	53%	10.732	25%	37.128	37%
Totale	0	0%	2.657	7%	6.485	6%	27.555	40%	28.725	41%	65.422	23%

Tabella 16: Matrice OD per PGTU per modo auto tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_02_C Simulato

2.4.2.2 Moto

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-298	-25%	-155	-24%	-33	-16%	-12	-20%	-4	-18%	-502	-24%
2	-1.276	-28%	-1.295	-26%	-336	-19%	-115	-22%	-36	-18%	-3.058	-25%
3	-1.993	-35%	-2.462	-32%	-1.213	-22%	-153	-6%	-199	-25%	-6.020	-27%
4	-444	-17%	-748	-17%	-166	-5%	224	8%	77	7%	-1.058	-7%
5	-400	-33%	-1.198	-43%	-956	-35%	-488	-27%	-233	-9%	-3.275	-29%
Totale	-4.411	-29%	-5.859	-29%	-2.705	-20%	-545	-7%	-394	-8%	-13.913	-23%

Tabella 17: Matrice OD per PGTU per modo moto tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_02_C Simulato

2.4.2.3 Trasporto pubblico

Per questa modalità di spostamento gli incrementi positivi significativi si registrano per gli spostamenti con origine e destinazione nella quarta e quinta corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-388	-14%	-294	-11%	443	54%	139	167%	124	371%	23	0%
2	-724	-8%	-8.829	-33%	-363	-4%	431	49%	535	160%	-8.950	-20%
3	1.183	12%	-3.757	-13%	-5.598	-17%	1.062	24%	1.386	148%	-5.724	-7%
4	2.738	114%	3.620	48%	3.823	36%	687	9%	1.520	172%	12.388	43%
5	2.384	121%	3.656	57%	3.948	63%	1.549	81%	2.060	25%	13.597	54%
Totale	5.192	20%	-5.603	-8%	2.254	4%	3.868	26%	5.624	53%	11.335	6%

Tabella 18: Matrice OD per PGTU per modo trasporto pubblico tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_02_C Simulato

2.4.2.4 Piedi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-305	-21%	-62	-31%	0	0%	0	0%	0	0%	-367	-22%
2	-94	-36%	-2.744	-30%	-82	-21%	0	0%	0	0%	-2.920	-30%
3	0	0%	-99	-28%	-6.756	-30%	-57	-53%	0	0%	-6.911	-30%
4	0	0%	0	0%	-99	-37%	2.517	29%	-2	-39%	2.416	27%
5	0	0%	0	0%	0	0%	-1	-30%	7.829	78%	7.829	78%
Totale	-399	-23%	-2.905	-30%	-6.937	-30%	2.459	28%	7.828	78%	47	0%

Tabella 19: Matrice OD per PGTU per modo piedi tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_02_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 *TOD_02_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 incrementi positivi significativi di spostamenti si hanno in uscita dalla quarta e quinta corona PGTU, ed in particolare per le modalità di spostamento in auto, con il trasporto pubblico e a piedi.

	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	2.981	1.610	6.276	1.271	12.137
2	27.942	9.009	36.535	6.838	80.325
3	92.532	15.127	72.443	15.910	196.012
4	121.281	12.599	41.058	11.401	186.339
5	138.091	7.851	38.547	17.908	202.398
Totale	382.827	46.197	194.859	53.328	677.211

Tabella 21: Ripartizione modale Scenario TOD_02_C Simulato per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-107	-503	24	-367	-953
2	-3.323	-3.058	-8.950	-2.920	-18.251
3	-4.516	-6.453	-5.724	-6.911	-23.604
4	44.977	-1.435	12.388	2.416	58.345
5	37.128	-3.275	13.597	7.829	55.280
Totale	74.158	-14.723	11.334	47	70.816

Tabella 22: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-3%	-24%	0%	-22%	-7%
2	-11%	-25%	-20%	-30%	-19%
3	-5%	-30%	-7%	-30%	-11%
4	59%	-10%	43%	27%	46%
5	37%	-29%	54%	78%	38%
Totale	24%	-24%	6%	0%	12%

Tabella 23: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

2.4.3.2 In Entrata

Dall'analisi dei valori ottenuti dalla simulazione dello scenario si nota vi sono incrementi positivi significativi di spostamenti in entrata in particolare per l' auto, il trasporto pubblico e a piedi.

	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	10.896	31.031	1.300	43.227
2	73.867	14.539	67.492	6.764	162.663
3	114.689	10.951	61.673	16.077	203.389
4	95.930	5.539	18.482	11.278	131.229
5	98.341	4.272	16.180	17.908	136.702
Totale	382.827	46.197	194.859	53.328	677.211

Tabella 25: Ripartizione modale Scenario TOD_02_C per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	-4.410	5.192	-399	383
2	11.393	-5.859	-5.604	-2.905	-2.974
3	6.485	-2.705	2.254	-6.937	-904
4	27.556	-1.355	3.868	2.459	32.528
5	28.724	-394	5.624	7.827	41.782
Totale	74.158	-14.723	11.334	47	70.816

Tabella 26: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_02_C Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0%	-29%	20%	-23%	1%
2	18%	-29%	-8%	-30%	-2%
3	6%	-20%	4%	-30%	0%
4	40%	-20%	26%	28%	33%
5	41%	-8%	53%	78%	44%
Totale	24%	-24%	6%	0%	12%

Tabella 27: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto TOD_02_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	49.153	141.640	394.995
3	80.627	337.605	899.092
4	58.543	242.931	587.628
5	67.529	267.168	669.772
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976

Tabella 28: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_02_C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	7.398	11.275	41.503
2	35.741	77.502	257.318
3	63.145	203.566	635.861
4	79.093	377.545	849.837
5	81.157	338.366	827.457
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976

Tabella 29: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_02_C simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-3.285	-7.636	-18.985
2	-13.412	-64.137	-137.676
3	-17.483	-134.039	-263.231
4	20.550	134.614	262.208
5	13.628	71.198	157.685
Totale	0	0	0

Tabella 30: Variazione della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario TOD_02_C simulato e lo scenario Compatto 01 C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-31%	-40%	-31%
2	-27%	-45%	-35%
3	-22%	-40%	-29%
4	35%	55%	45%
5	20%	27%	24%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 31: Variazione percentuale della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario TOD_02_C simulato e lo scenario TOD_02_C non simulato

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello scenario *TOD_02_C* per la popolazione residente nell'area di studio, si nota che è accentuata la tendenza per i residenti ad insediarsi nelle zone di traffico dove vi è disponibilità di nuova SUL, appartenenti alla quarta e quinta corona PGTU.

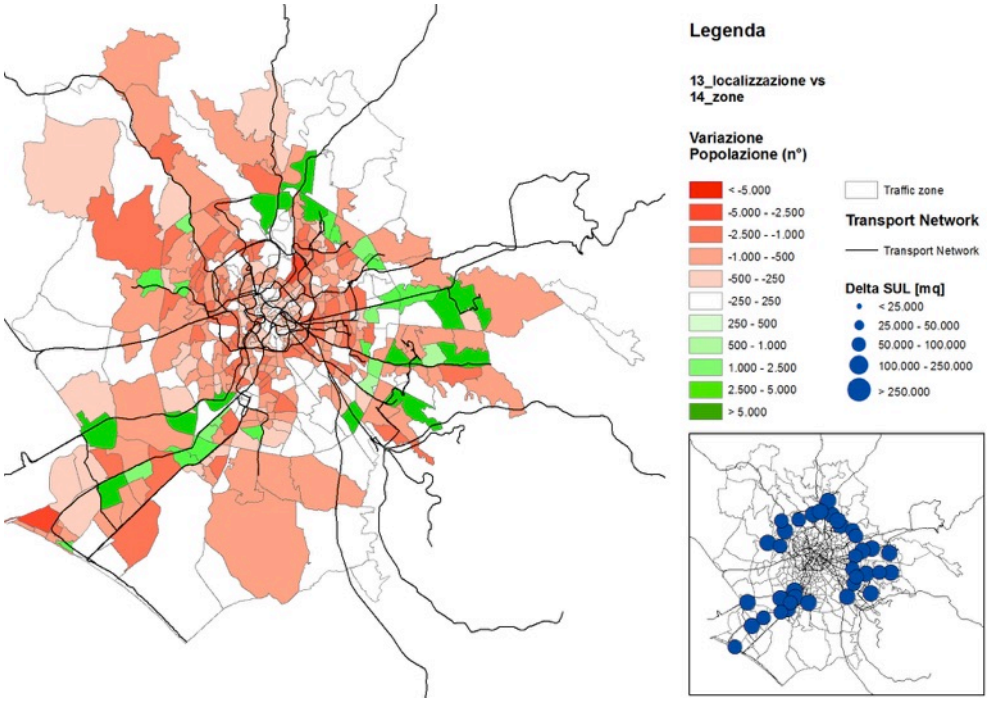

Figura 15: Variazione della popolazione residente per zona di traffico a seguito della simulazione

3.1.1 Variazione Occupati di fascia Alta

All'interno dell'area di studio si registra per gli *occupati di fascia alta* valori positivi in particolare nella quarta e quinta corona PGTU come si può osservare anche dai risultati numerici.

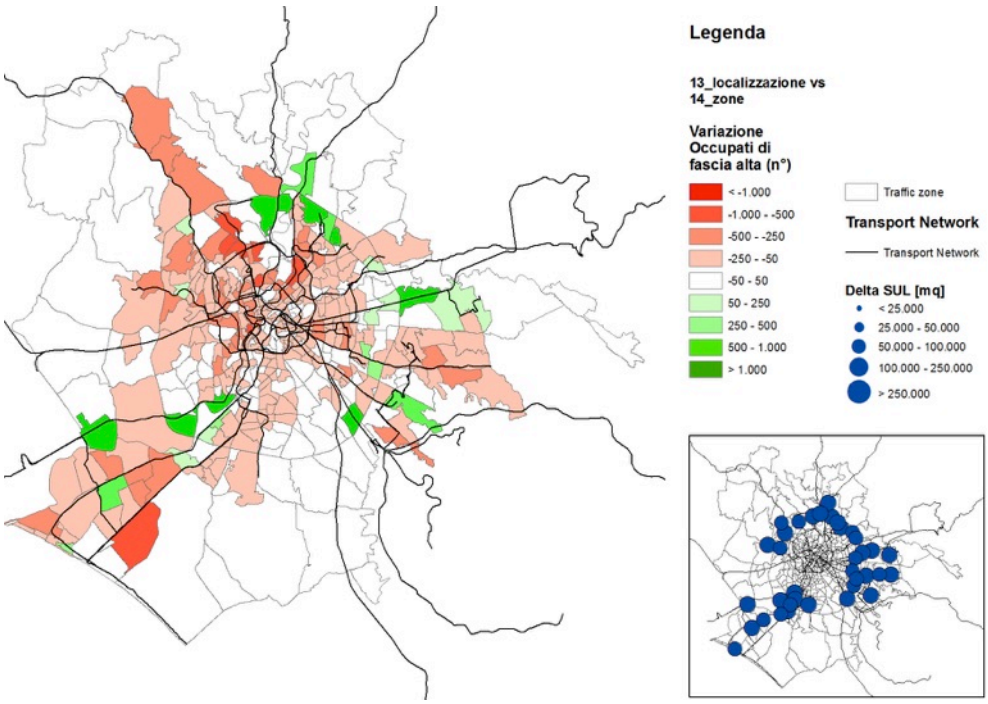

Figura 16: Variazione degli Occupati Alti per zona di traffico a seguito della simulazione

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 una ridistribuzione positiva di *Occupati di fascia bassa* a seguito della simulazione sono quelle dove è localizzata la nuova SUL.

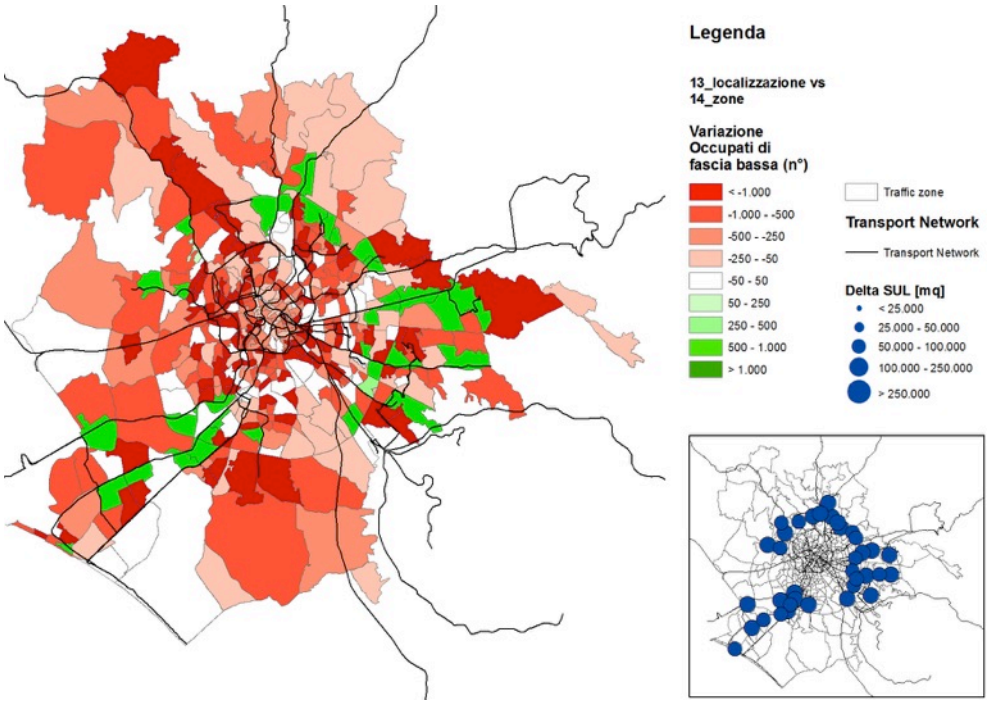

Figura 17: Variazione degli Occupati Bassi per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2 Variazione di Addetti

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	52.916	10.632	103.968
2	180.873	32.667	343.129
3	130.995	50.081	316.754
4	121.653	48.424	271.816
5	97.030	48.344	239.173
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	45.456	8.439	93.756
2	148.518	24.456	300.700
3	108.834	38.251	279.767
4	142.659	52.715	299.132
5	138.001	66.287	301.483
Totale	583.467	190.148	1.274.839

Tabella 33: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_02_C

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-7.460	-2.193	-10.212
2	-32.355	-8.211	-42.428
3	-22.162	-11.830	-36.987
4	21.006	4.291	27.316
5	40.971	17.943	62.311
Totale	0	0	0

Tabella 34: Variazione Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_02_C

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-14%	-21%	-10%
2	-18%	-25%	-12%
3	-17%	-24%	-12%
4	17%	9%	10%
5	42%	37%	26%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 35: Variazione percentuale Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_02_C

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello *Scenario TOD_02_C* relativamente agli *Addetti Totali* localizzati all'interno dell'area di studio, si può osservare che questi tendono a rilocalizzarsi esclusivamente nella quarta e quinta corona PGTU.

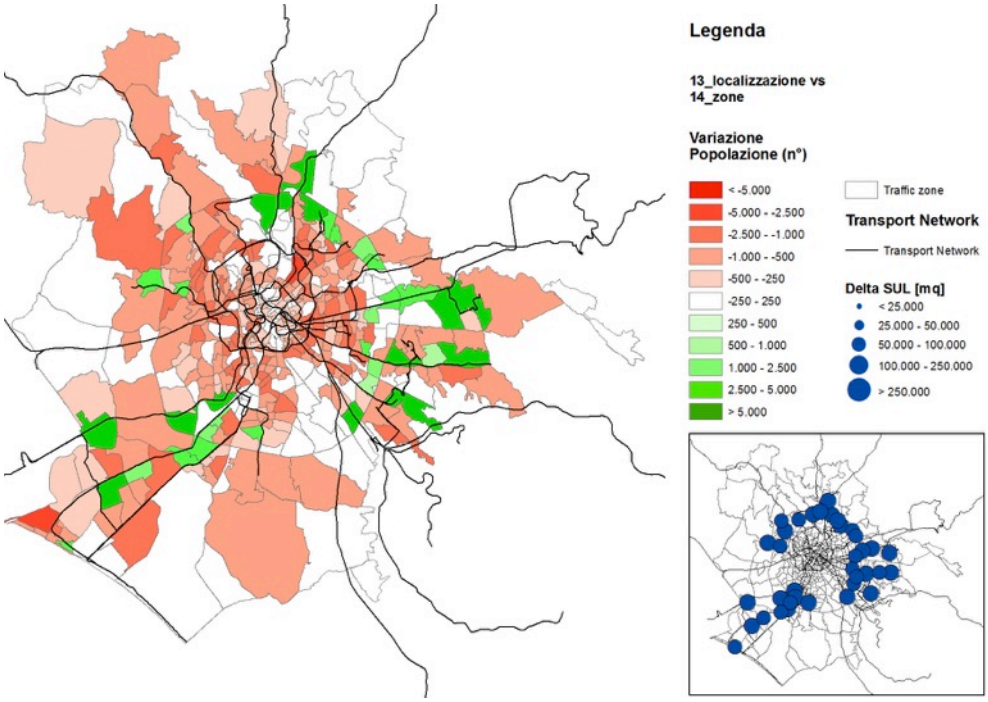

Figura 18: Variazione degli Addetti Totali per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.1 Addetti al Commercio

A seguito della simulazione gli *Addetti al Commercio* tendono a rilocalizzarsi prevalentemente nelle zone di traffico appartenenti alla quinta corona PGTU.

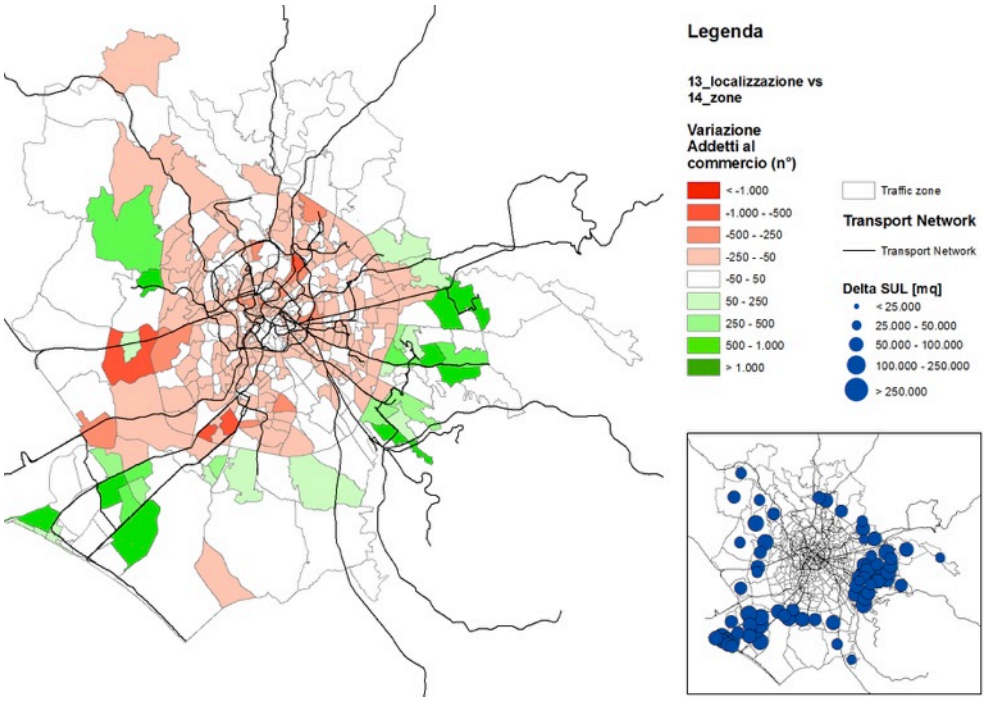

Figura 19: Variazione degli Addetti al Commercio per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.2 Addetti ai Servizi Privati

A seguito della simulazione gli *Addetti ai servizi privati* tendono a rilocalizzarsi prevalentemente nelle zone di traffico appartenenti alla quinta corona PGTU.

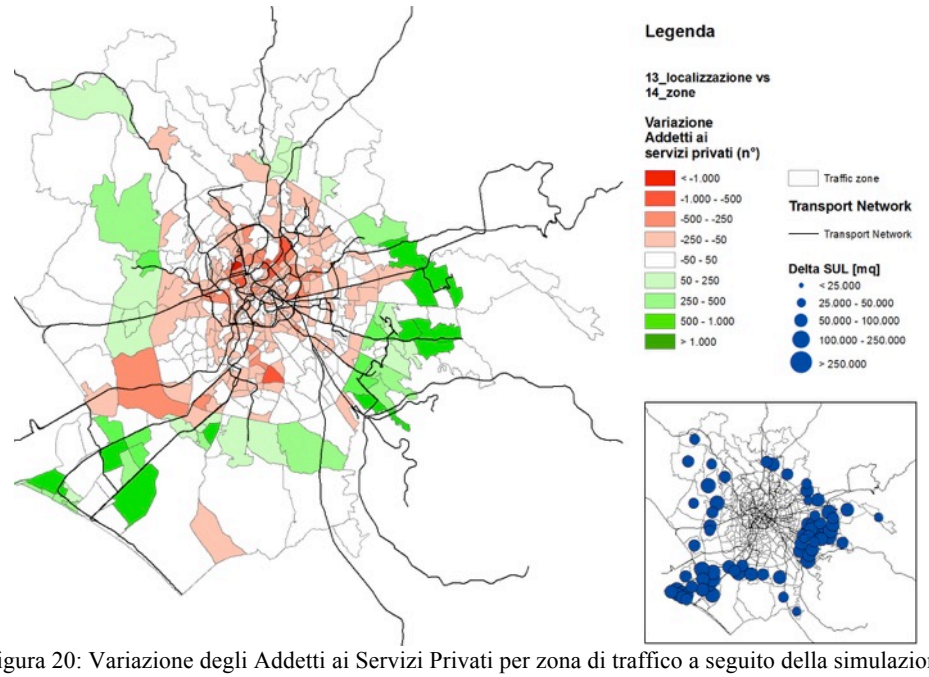

Figura 20: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati per zona di traffico a seguito della simulazione

4. Analisi di sostenibilità urbana

Gli scenari di sviluppo urbano della città di Roma sono stata 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	%
	Veikoli.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: Indictori di sostenibilità amientale, economica e sociale

Il sistema di indicatori appena descritto utilizza come input i risultati di un sistema di modellidi 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. I tempi in auto risultano essere sensibilmente minori dello scenario di base, mentre sono circa gli stessi dei corrispettivi tempi dello scenario PRG. I tempi medi in uscita con il trasporto pubblico sono all'incirca gli stessi dello scenario di base e dello scenario PRG.

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).

	Scenario		**vs Base**		**vs PRG_C**	
Corona	*Tempi medi auto*	*Tempi medi tp*	*Tempi medi auto*	*Tempi medi tp*	*Tempi medi auto*	*Tempi medi tp*
	minuti	minuti	%	%	%	%

1	22,7	15,5	-16,2%	-2,9%	0,0%	4,2%
2	22,6	20,1	-16,1%	-0,4%	-1,4%	0,8%
3	24,6	24,9	-20,5%	-7,7%	-1,0%	0,9%
4	24,7	32,4	-26,4%	-9,8%	-3,4%	-0,1%
5	33,9	41,4	-26,7%	-17,4%	2,6%	-8,4%
scenario	27,8	28,6	-23,0%	-3,1%	-2,2%	1,2%

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

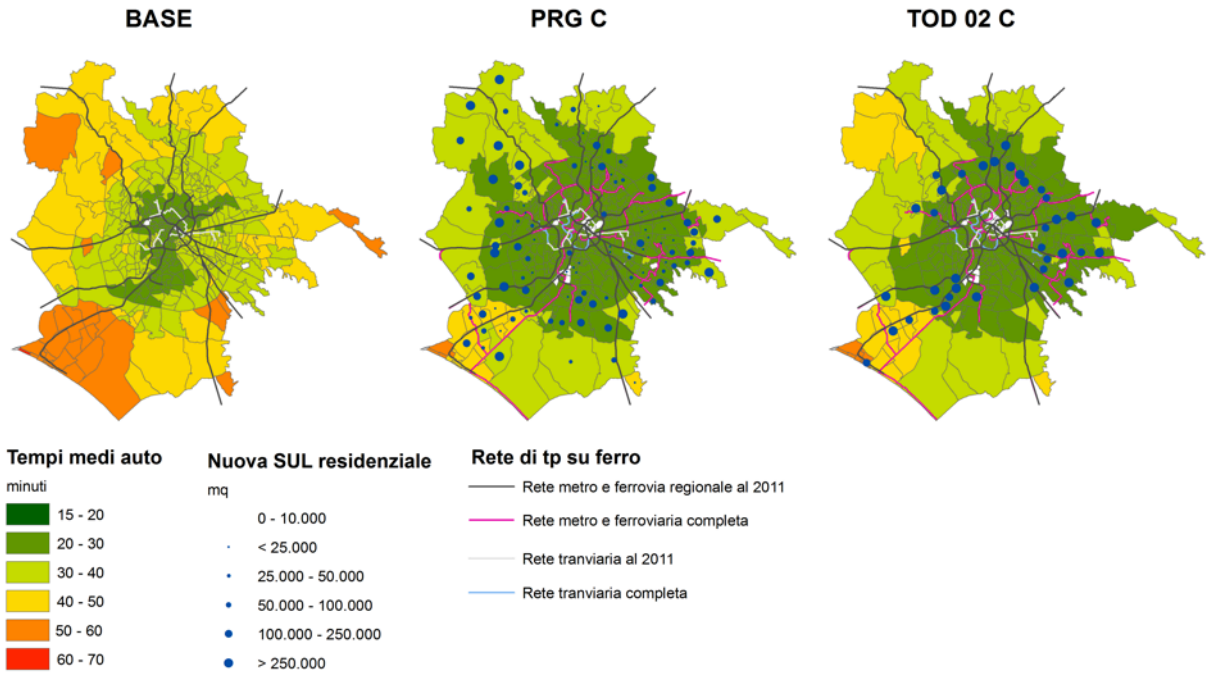

Figura 21: Tempi medi auto in uscita scenari TOD_02_C, PRG_C e Base

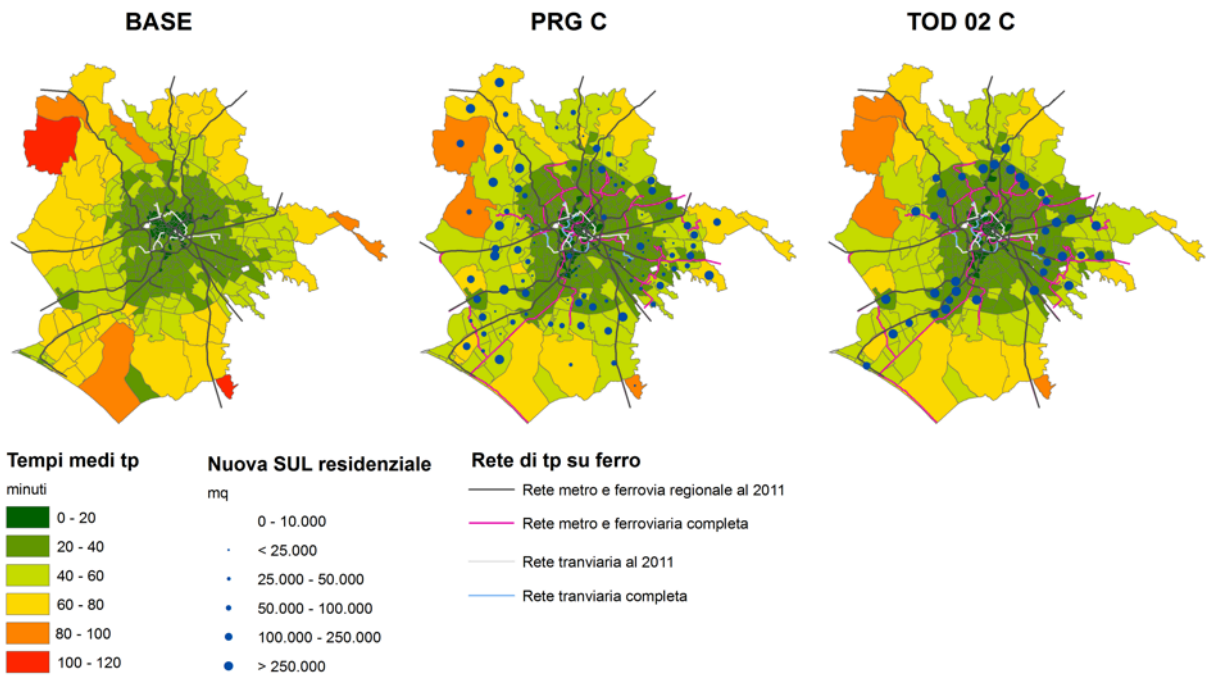

Figura 22: Tempi medi trasporto pubblico (tp) in uscita scenari TOD_02_C, PRG_C e Base

Un ulteriore indicatore economico presso 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}:

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

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

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 propri[1]; 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:

$$SUL.\, c_{costr}^{ins}$$

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

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.

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

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

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).

$$C_{urb=} k.\, C_{propri}$$

$$0.05 < k < 0.2$$

$$k = f(localizzazione)$$

In tabella 38 vengono riportati i costi di costruzione che risultano essere di circa il 4%inferiori dei costi dello scenario PRG_C. Questa differenza è dovuta alla tipologia edilizia considerata che prevede un magior numero di piani a parità di SUL da realizzare e dunque un minor costo di acquisto dei terreni.

Scenario			**vs PRG_C**
Costi edilizia	*Costi infrastrutture*	*Costi totali*	*Costi totali*
Mil. euro	Mil. euro	Mil. euro	%
9.314.948.241	13.437.154.120	22.752.102.361	-3,8%

Tabella 38: Costi per la realizzione 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:

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

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 in oggetto risulta essere minore del 7% 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**
C. suolo edilizia	*C. suolo infrastrutture*	*C. suolo totale*	*C. suolo totale*
Mil. mq	Mil. Mq	Mil. mq	%
1.657.608	5.575.567	7.233.175	-6,9%

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 una riduzione dela densità di attività nelle aree centrali sia rispetto allo scenario di base che rispetto allo scenario PRG_C.

Scenario	**vs Base**	**vs PRG_C**
Densità di attività	*Densità di attività*	*Densità di attività*
attività/ettaro	%	%
145,9	-22,5%	-11,4%

Tabella 40: Densità di attività nelle prime tre corono 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:

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

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

Scenario	vs Base	vs PRG_C
Distanze totali	*Distanze totali*	*Distanze totali*
veicoli.km	veicoli.km	veicoli.km
7.156.507	-5,7%	-2,0%

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

Come è possibile osservare dalla tabella, lo scenario di analisi presenta riduzione dei veicoli.km sia rispetto allo scenario di base che allo scenario PRG_C.

A partire dai Veicoli.km , sono state stimate le esternalità ambientali associate all'uso dell'auto, calcolate in termini di emissioni di C02 e consumi energetici:

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

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

Con $k_{emissioni}$ e $k_{consumi}$ due coefficienti rappresentativi rispettivamente delle emissione e dei consumi di C02 per km.

Scenario	vs Base	vs PRG_C
Consumo energetico	*Consumo energetico*	*Consumo energetico*
GJ	GJ	GJ
33.063	-5,7%	-2,0%

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

Scenario	vs Base	vs PRG_C
Emissioni C02	*Emissioni C02*	*Emissioni C02*
t	t	t
627	-5,7%	-2,0%

Tabella 43: Emissioni di C02 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:

$$Dist_{media}^{auto} = \sum_{o} \frac{\sum_d dist_{od}^{auto} \,.\, d_{od}^{auto}}{\sum_d d_{od}^{auto}}$$

	Scenario	vs Base	vs PRG_C
Corona	*Distanze medie auto*	*Distanze medie auto*	*Distanze medie auto*

	Km	%	%
1	9,3	12,7%	-1,7%
2	9,9	15,4%	-2,1%
3	12,0	18,2%	-2,1%
4	14,9	18,2%	0,8%
5	20,3	7,1%	-0,3%
scenario	15,7	16,9%	-2,7%

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 lieve riduzione rispetto allo scenario PRG.

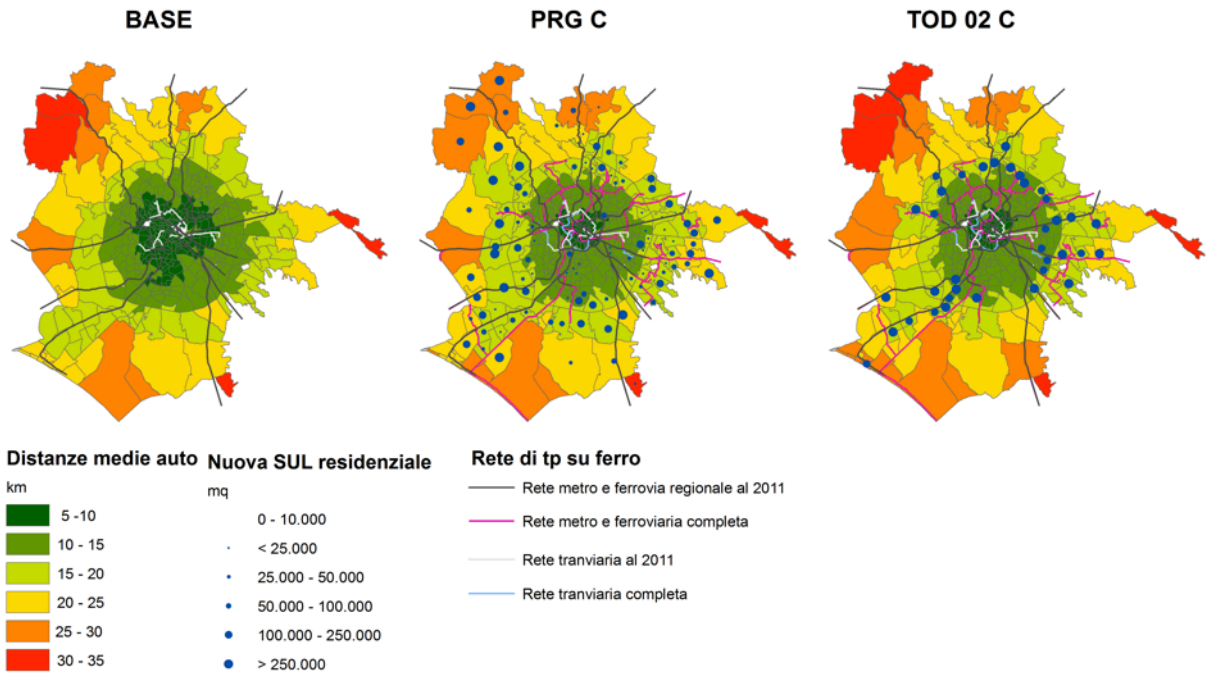

Figura 23: Distanze medie in uscita percorse in auto, scenari TOD_02_C, PRG_C e Base

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			
Spostamenti auto	*Spostamenti tp*	*Spostamenti piedi*	*Spostamenti moto*

utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
382.827	194.859	53.328	46.197

vs Base			
Spostamenti auto	*Spostamenti tp*	*Spostamenti piedi*	*Spostamenti moto*
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
24,0%	6,2%	-12,5%	-13,3%

vs PRG_C			
Spostamenti auto	*Spostamenti tp*	*Spostamenti piedi*	*Spostamenti moto*
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
0,4%	4,9%	17,7%	4,5%

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			
Share auto	*Share tp*	*Share piedi*	*Share moto*
%	%	%	%
56,5%	28,8%	7,9%	6,8%

vs Base			
Share auto	*Share tp*	*Share piedi*	*Share moto*
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
11,1%	-4,9%	-21,6%	-22,4%

PRG_C			
Share auto	*Share tp*	*Share piedi*	*Share moto*
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
-2,7%	1,7%	14,2%	1,4%

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):

$$Acc_{job,o}^{auto} = \sum_{d} Add_{d}^{\alpha 1} . \exp\left(\alpha 2 . t_{od}^{auto}\right)$$

$$Acc_{job,o}^{auto} = \sum_{d} Add_{d}^{\alpha 1} . \exp\left(\alpha 2 . t_{od}^{auto}\right)$$

con $\alpha 1, \alpha 2$ 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:

$$Acc_{job,medio}^{auto} = \frac{\sum_{o}^{n} Acc_{job,o}^{auto} \, . \, Occ_o}{\sum_{o}^{n} Occ_o}$$

$$Acc_{job,medio}^{tp} = \frac{\sum_{o}^{n} Acc_{job,o}^{tp} \, . \, Occ_o}{\sum_{o}^{n} Occ_o}$$

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. L'accessibilità in auto e con il trasporto pubblico è maggiore nello scenario analizzato, in particolare nel confronto con lo scenario di base.

	Scenario		**vs Base**		**vs PRG_C**	
Corona	*Accessibilità auto*	*Accessibilità tp*	*Accessibilità auto*	*Accessibilità tp*	*Accessibilità auto*	*Accessibilità tp*
	adimensionale	adimensionale	%	%	%	%
1	58	70	24,3%	19,7%	-2,1%	3,1%
2	50	56	26,7%	16,6%	0,6%	2,6%
3	37	45	40,5%	23,9%	0,8%	2,5%
4	37	32	60,6%	25,4%	7,7%	0,2%
5	21	27	74,1%	50,2%	8,3%	18,7%
scenario	33	36	39,7%	16,4%	3,2%	1,3%

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	%	%
0,39036	27,4%	21,5%

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 in oggetto è meno equo degli scenari di benchmark.

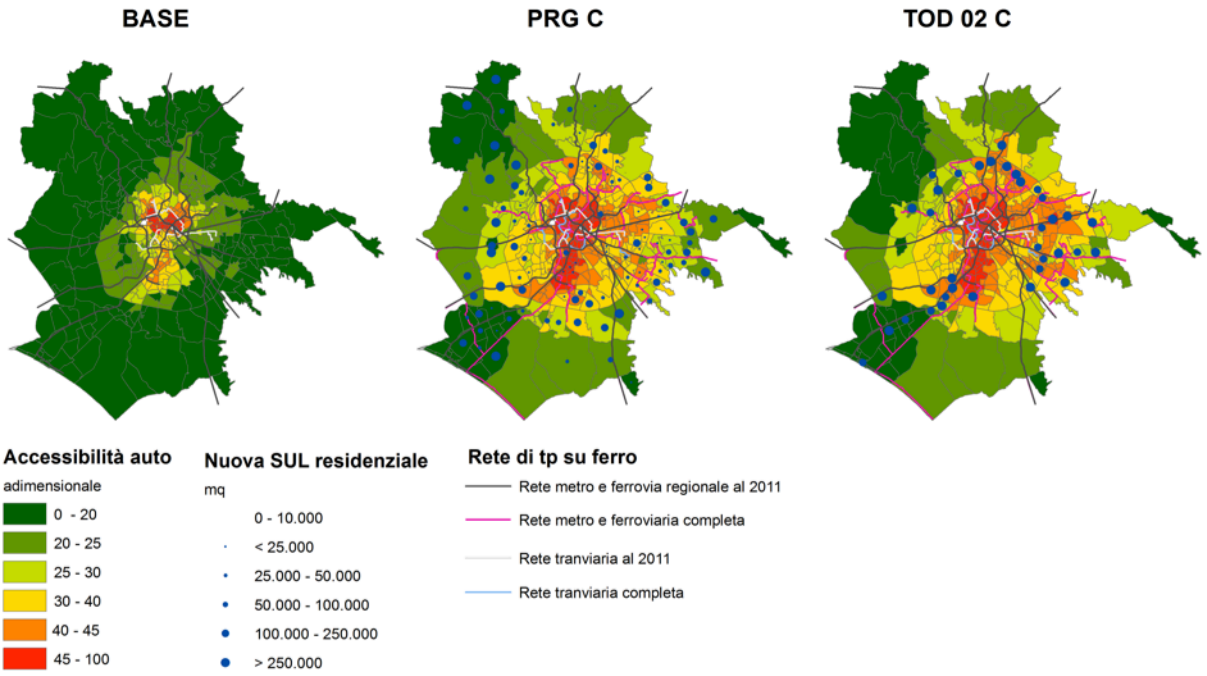

Figura 24: Accessibilità al lavoro con l'auto, scenari TOD_02_C, PRG_C e Base

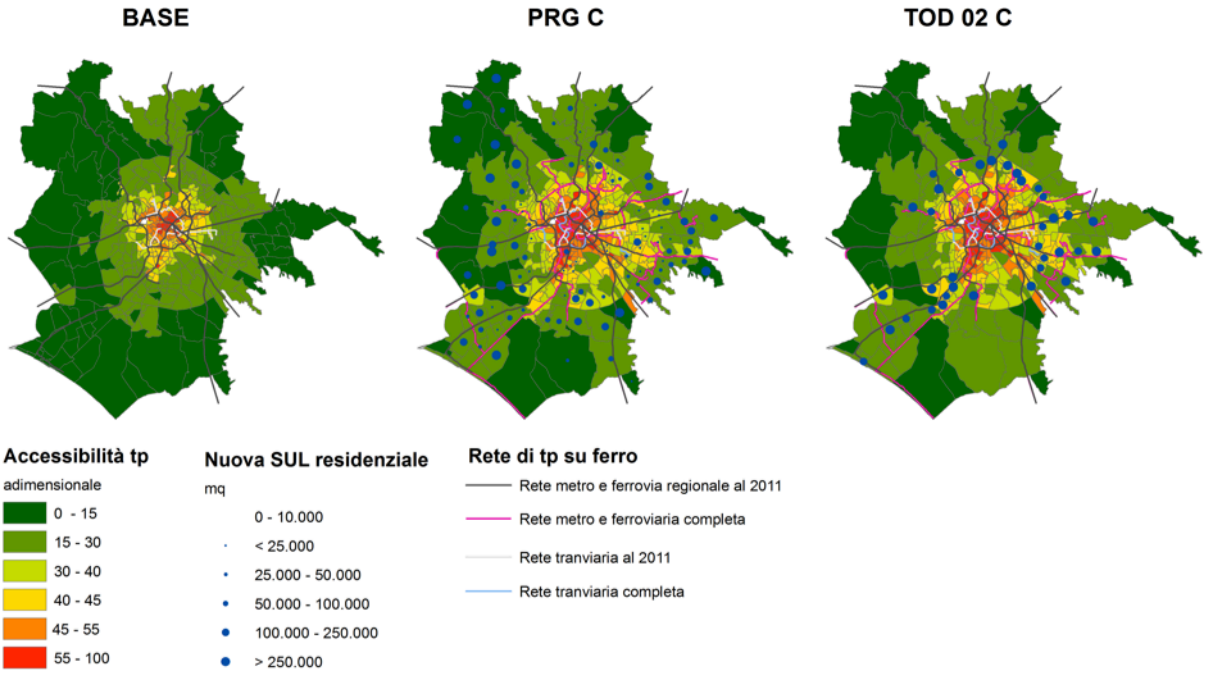

Figura 25: Accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico, scenari TOD_02_C, PRG_C e Base

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 1 474-9122.

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.