

SUM SUSTAINABLE URBAN MOBILITY

Linee guida per la
mobilità sostenibile nelle
aree urbane

PRIN 2009



REPORT SCENARIO

TOD_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 TOD_01_P è rappresentativo di un'ipotesi di sviluppo urbano orientato alla rete di trasporto pubblico su ferro nel quale gli interventi previsti sono localizzati nelle aree di stazione delle nuove linee del trasporto pubblico 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.

		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.

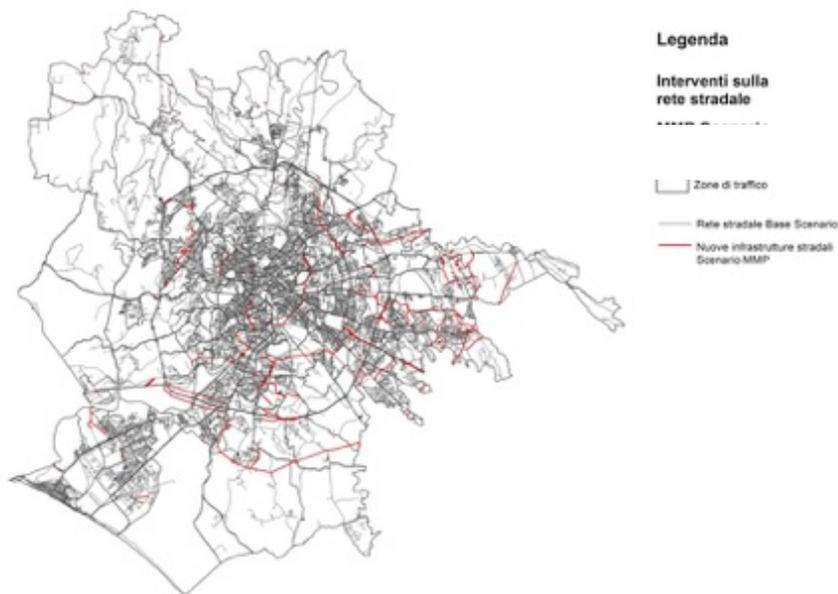


Figura 1: Nuovi interventi infrastrutturali sulla rete stradale.

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.

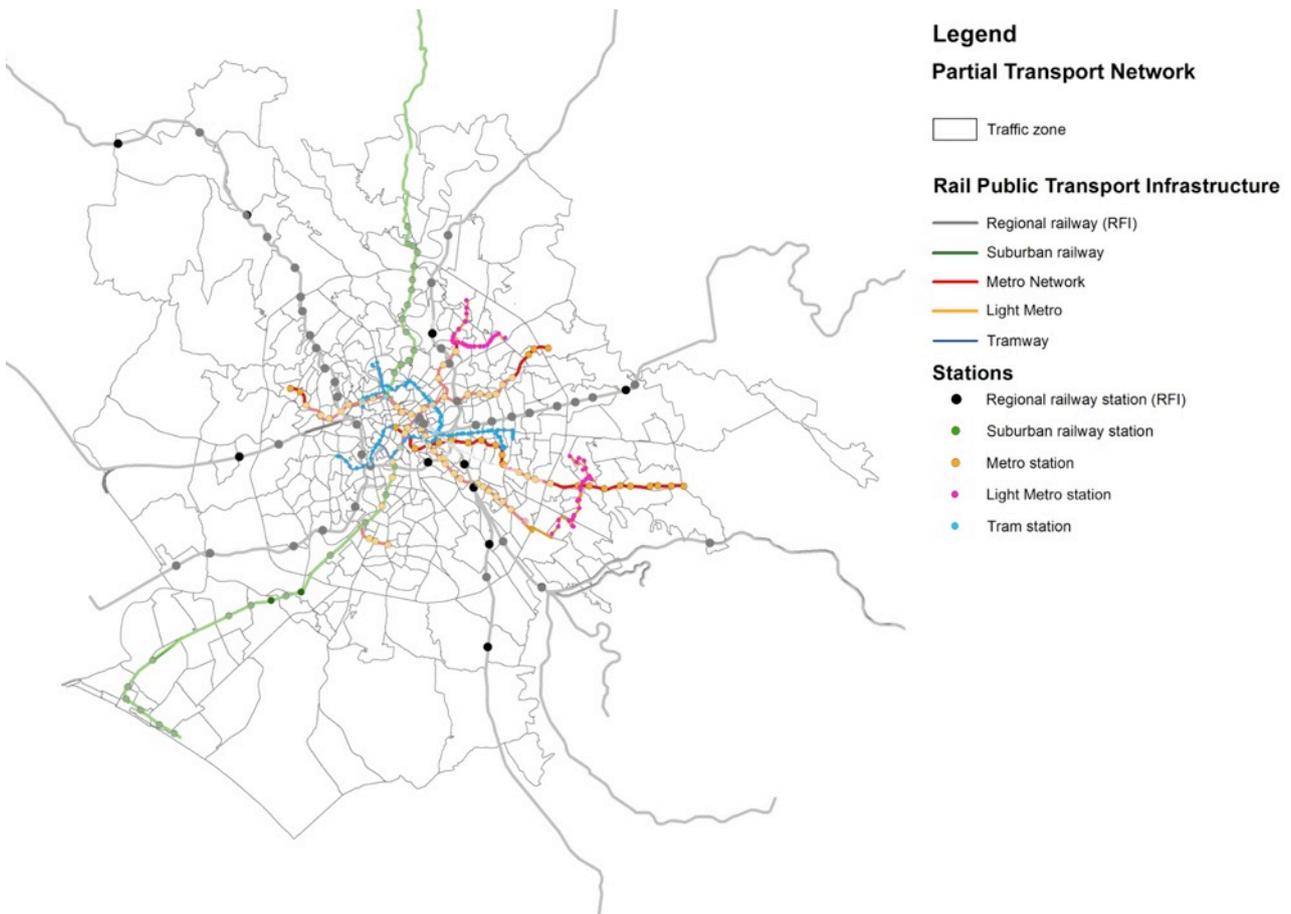


Figura 2: Mappa dei nuovi interventi sulla rete di trasporto pubblico su ferro

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.

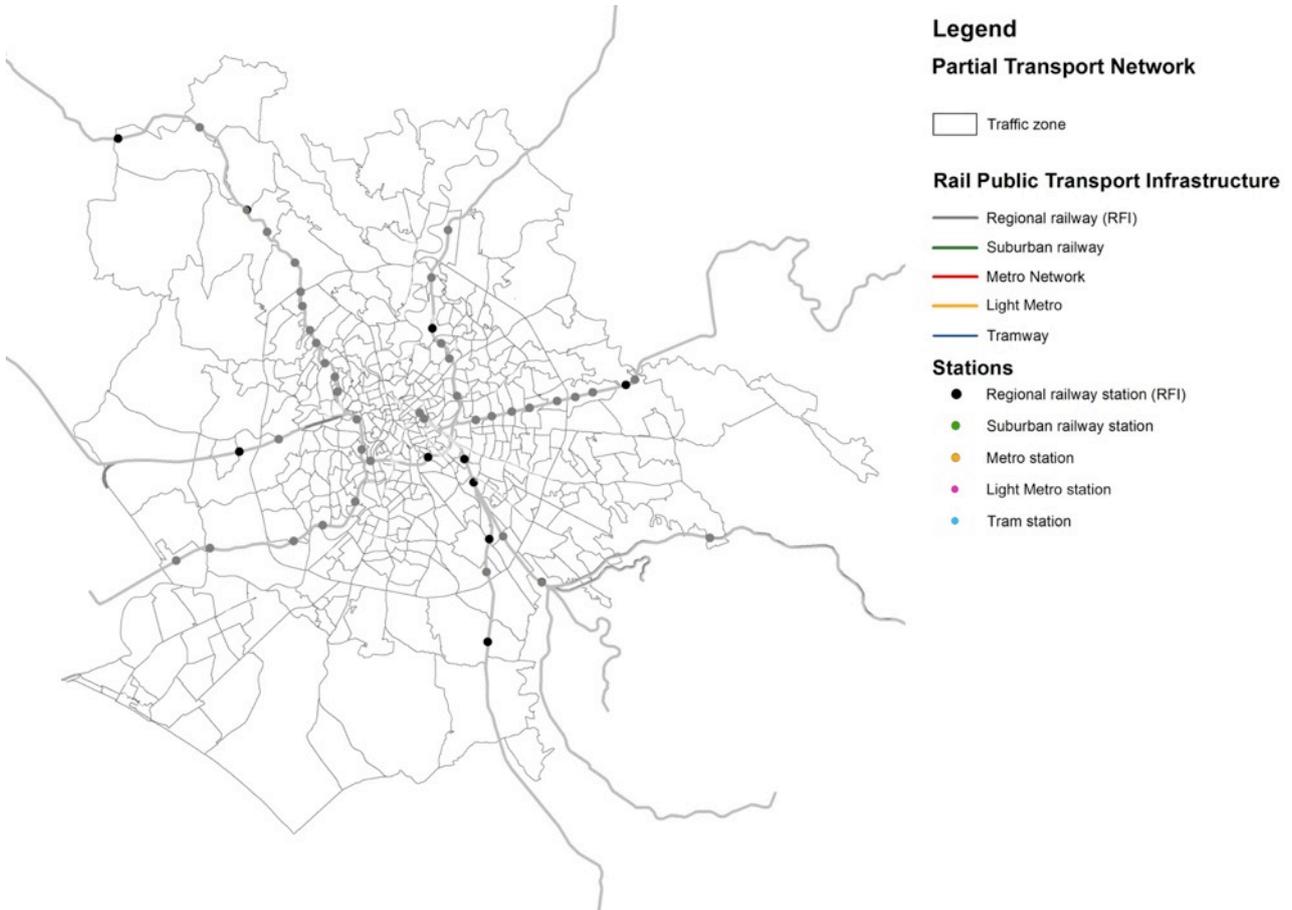


Figura 3: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete ferroviaria regionale

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.

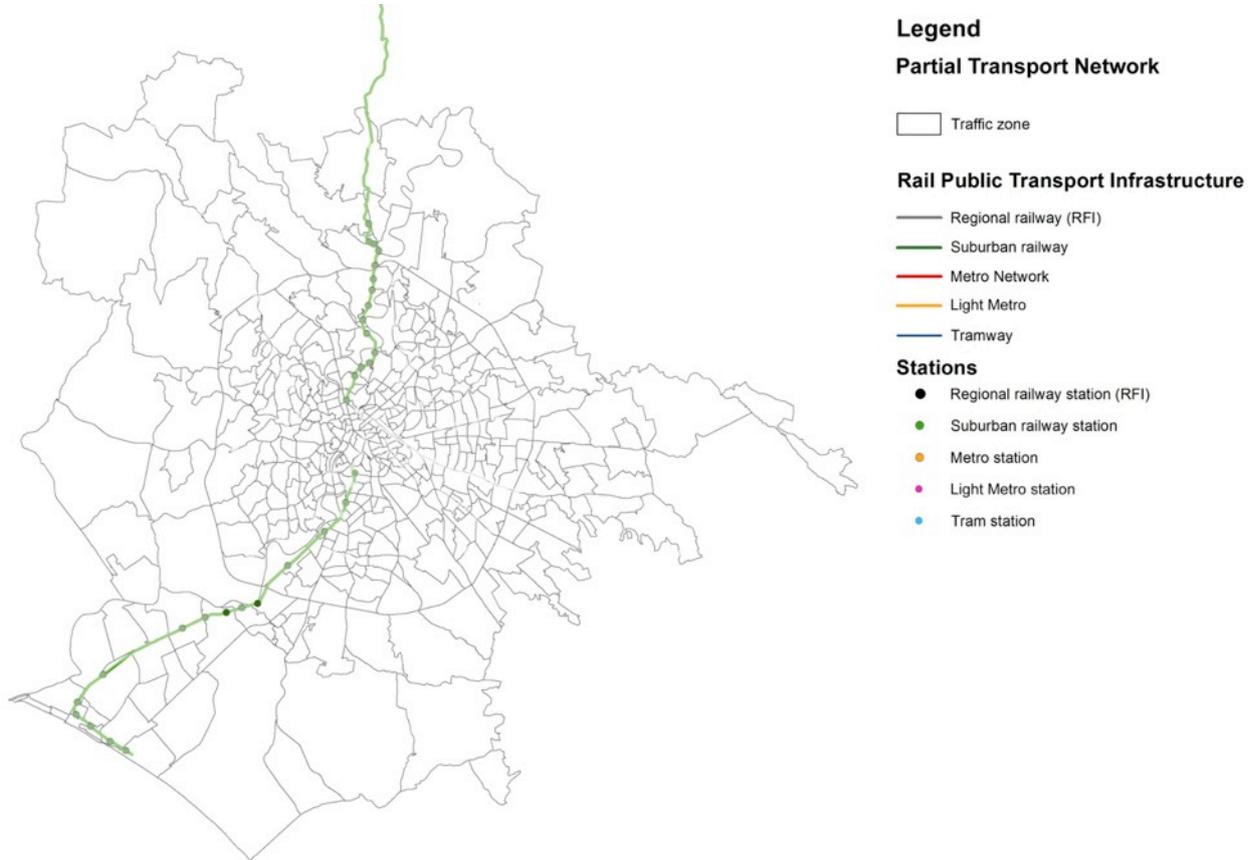


Figura 4: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete sub-urbana

1.1.2.3 Rete metropolitana

Gli interventi di potenziamento per la 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.

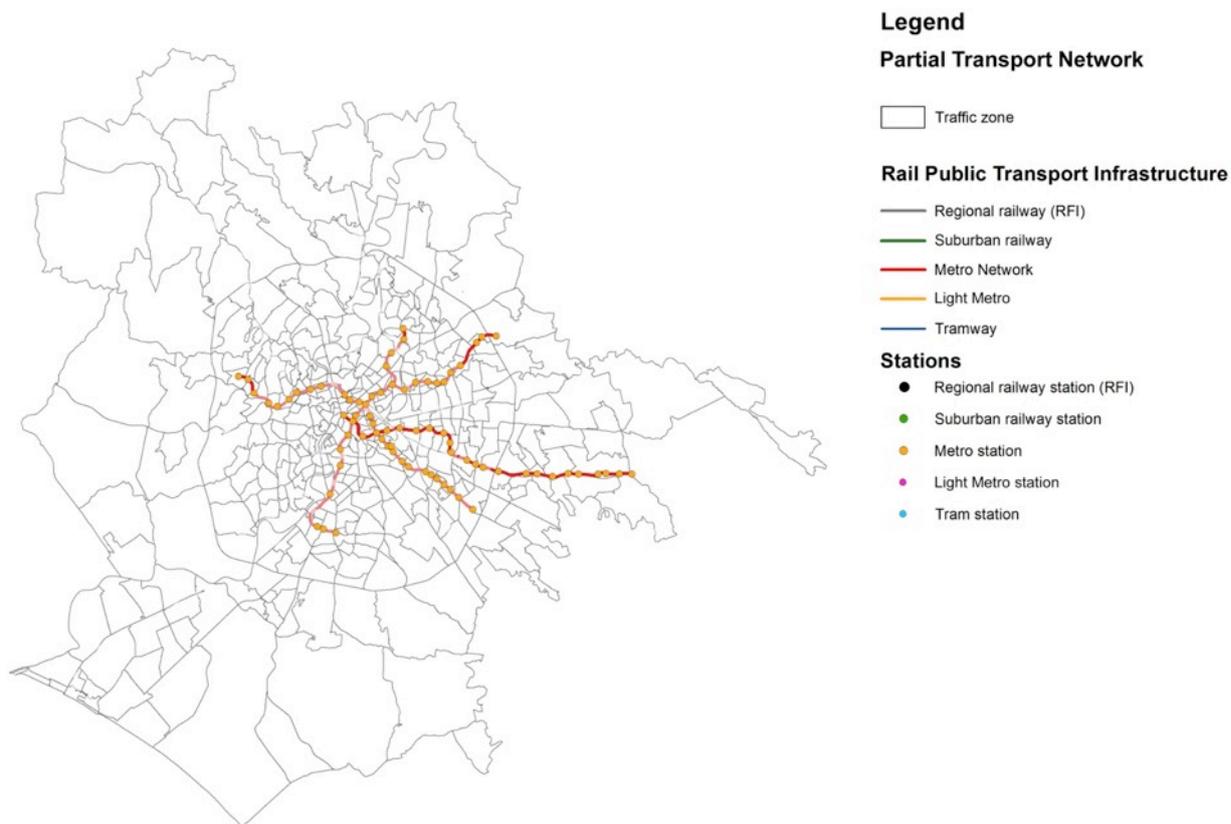


Figura 5: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete metropolitana

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

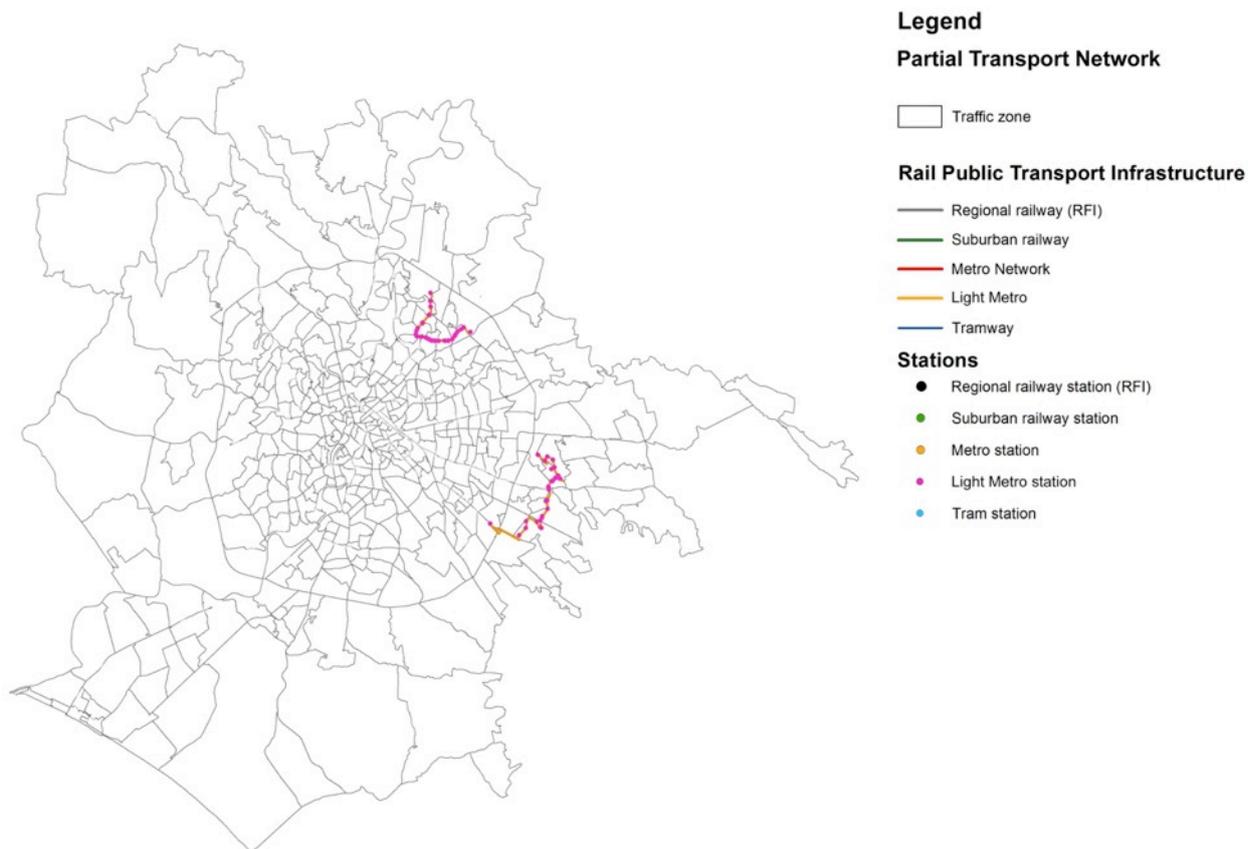


Figura 6: Mappa dei nuovi interventi infrastrutturali sulla rete metropolitana leggera

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*.

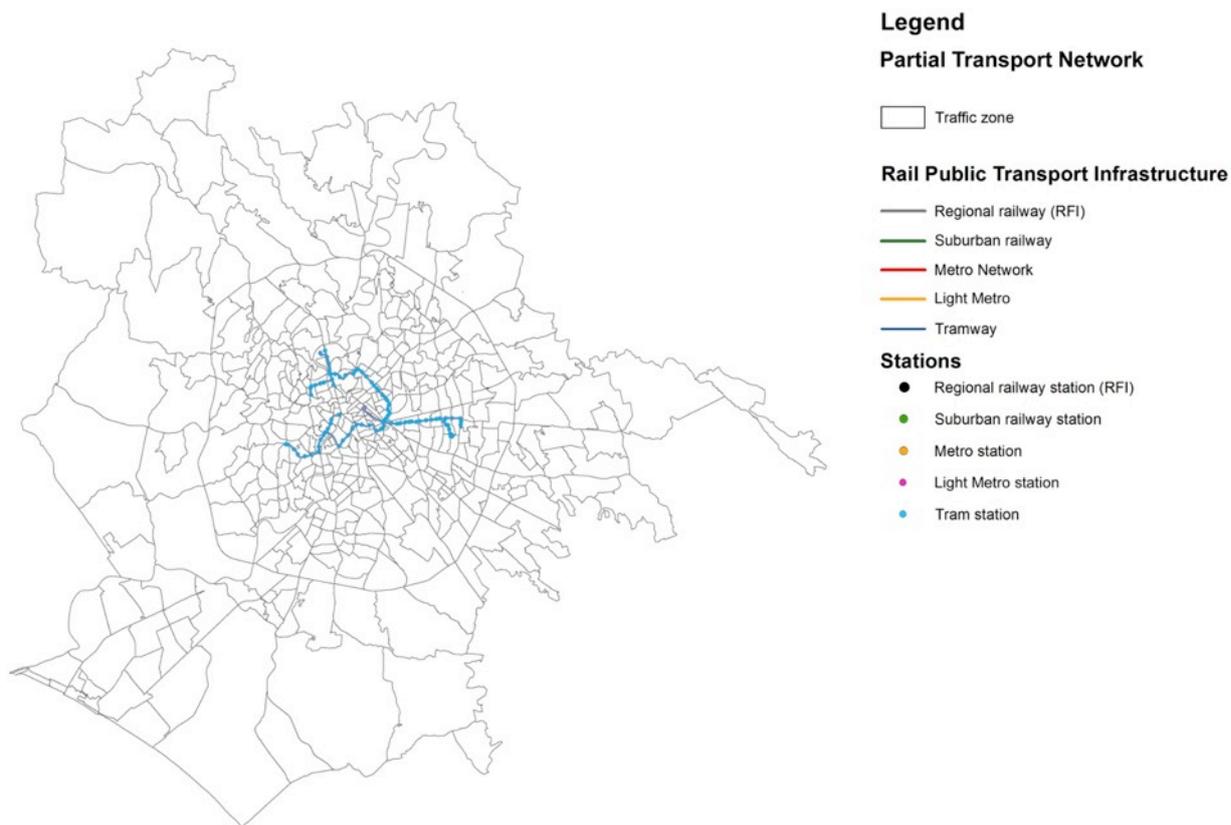


Figura 7: Mappa dei nuovi interventi di infrastrutturali sulla rete tranviaria

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 Casaleto	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 TOD_01_P 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. La distribuzione di tali superfici è stata effettuata con lo scopo di densificare le aree di stazione che presentano una maggiore accessibilità alla rete di trasporto pubblico su ferro. In particolare sono state considerate le zone che presentano contemporaneamente elevati valori di accessibilità alle zone centrali della città, caratterizzate da elevate densità di attività economiche, e bassi valori di densità residenziale. 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_01_P in particolare prevede la densificazione delle aree di stazione della rete parziale. I principali interventi pertanto si concentrano nella terza e quarta corona dove si prevede la realizzazione rispettivamente di 51.000 e 65.00 alloggi. La nuova offerta di superfici residenziali è concentrata principalmente nelle zone intra-GRA ad est e sud-est del centro storico. 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.

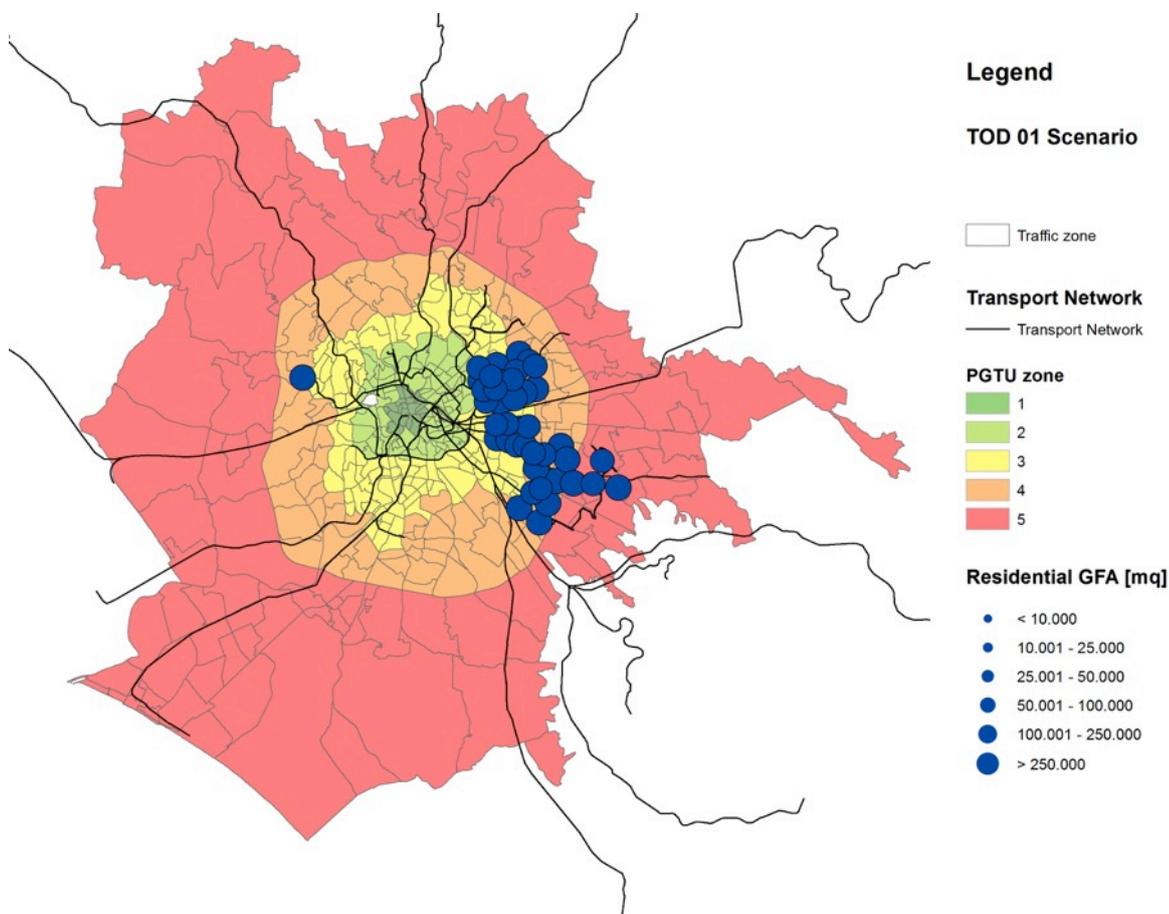


Figura 8: Interventi sullo stock immobiliare

PGTU	Variazione SUL Residenziale		Variazione IUT Residenziale	Variazione Abitazioni	
	(m ²)	(%)	(m ² /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	4.375.382,00	11,97%	417,29	52.089,00	4,97
4	5.591.210,00	29,86%	291,64	66.162,00	3,45
5	1.626.144,00	7,98%	17,48	19.359,00	0,21
Totali	11.592.736,00	11,93%	90,95	137.610,00	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 prevalentemente nella quinta corona PGTU, anche se la diponibilità di nuova SUL è maggiore nella quarta corona.

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	7.977	12.966	45.815	48.645	8.917	97.576
2	39.158	89.612	286.255	162.086	26.112	316.421
3	84.692	324.091	885.506	153.704	56.599	346.254
4	77.292	376.660	830.667	138.040	56.856	298.198
5	57.415	204.924	563.733	80.993	41.664	216.389
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_01_P Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-2.706	-5.945	-14.673	-4.271	-1.715	-6.392
2	-9.995	-52.028	-108.740	-18.787	-6.555	-26.708
3	4.065	-13.514	-13.586	22.709	6.518	29.500
4	29.441	162.455	302.057	45.971	18.293	65.826
5	-1.179	-38.238	-56.719	8.686	1.561	10.180
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_01_P Simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-25%	-31%	-24%	-8%	-16%	-6%
2	-20%	-37%	-28%	-10%	-20%	-8%
3	5%	-4%	-2%	17%	13%	9%
4	62%	76%	57%	50%	47%	28%
5	-2%	-16%	-9%	12%	4%	5%
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_01_P Simulato

2.1.2 Struttura della domanda come varia la matrice OD

Di seguito sono riportate le matrici OD con tutti gli spostamenti per modo e motivo tra le varie corone PGTU, osservando i valori numerici si nota che solamente la quinta corona PGTU è interessata 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	4.598	3.992	2.555	785	395	12.324
2	12.006	38.638	21.644	6.700	3.418	82.406
3	17.002	62.092	105.713	32.693	17.012	234.513
4	6.575	32.368	55.563	60.176	23.260	177.942
5	3.306	20.123	35.559	30.158	63.426	152.572
Totale	43.488	157.213	221.034	130.512	107.510	659.757

Tabella 12: Matrice OD per lo scenario TOD_01_P

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-733	-14%	-602	-13%	283	12%	176	29%	109	38%	-766	-6%
2	-1.549	-11%	-13.868	-26%	-1.756	-8%	532	9%	472	16%	-16.169	-16%
3	1.259	8%	-177	0%	3.461	3%	6.564	25%	3.789	29%	14.896	7%
4	1.549	31%	6.144	23%	13.640	33%	19.930	50%	8.685	60%	49.948	39%
5	117	4%	79	0%	1.114	3%	4.609	18%	-465	-1%	5.453	4%
Totale	644	2%	-8.425	-5%	16.741	8%	31.811	32%	12.591	13%	53.362	9%

Tabella 13: Confronto tra le Matrici OD dello scenario di Base e dello scenario TOD_01_P

2.2 Analisi di dettaglio della distribuzione spaziale della Popolazione

2.2.1 Variazione Occupati di fascia alta

Le zone di traffico interessate da un maggior numero di variazioni positive di *occupati di fascia alta*, sono quelle dove è maggiore la disponibilità di nuova SUL.

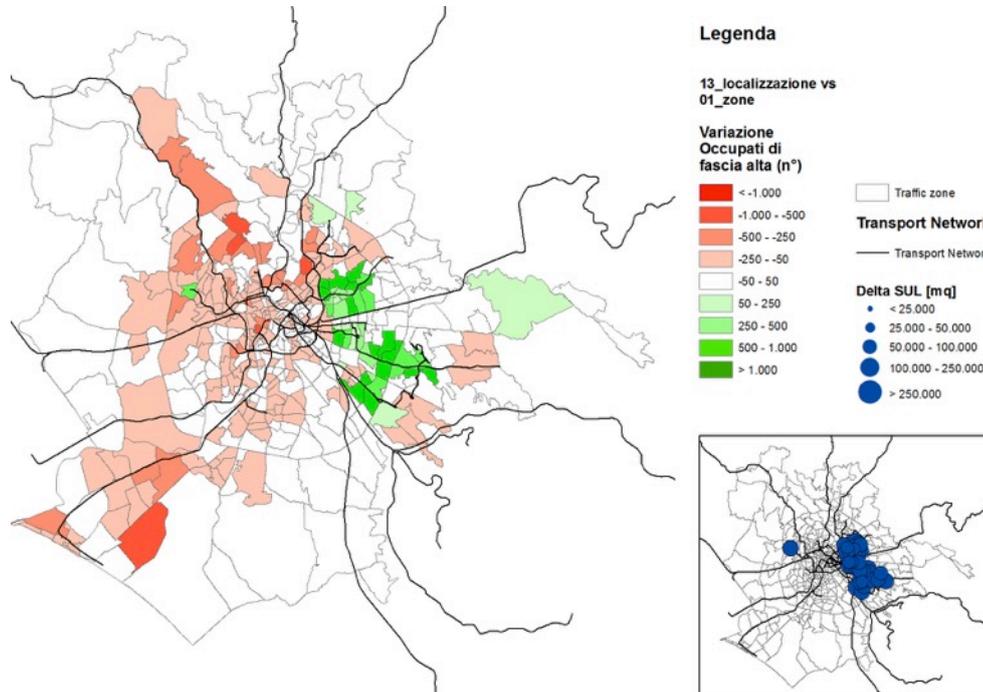


Figura 9: Variazione di Occupati di fascia alta tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

2.2.2 Variazione Occupati di fascia bassa

Per gli *occupati di fascia bassa* è evidente una forte tendenza a ricollocarsi nelle zone di traffico, dove è maggiore la disponibilità di nuova SUL, mentre nelle altre zone si nota una diminuzione.

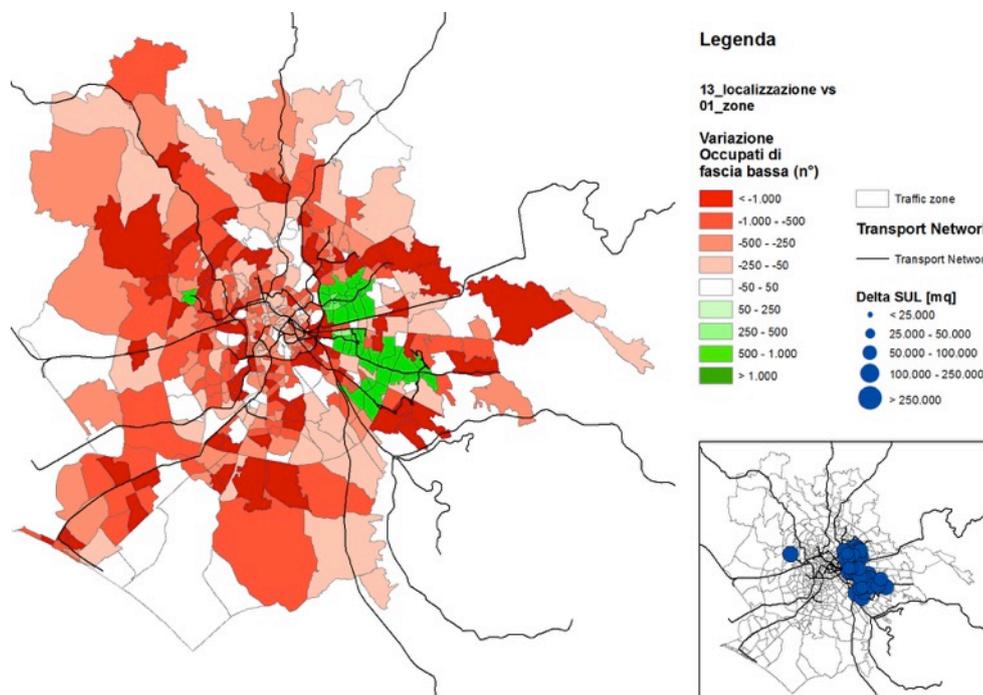


Figura 10: Variazione di Occupati di fascia bassa tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

2.2.3 Variazione Popolazione totale

La gran parte della popolazione residente a seguito della simulazione va a rilocalizzarsi nelle aree dove è maggiore la disponibilità di nuova SUL.

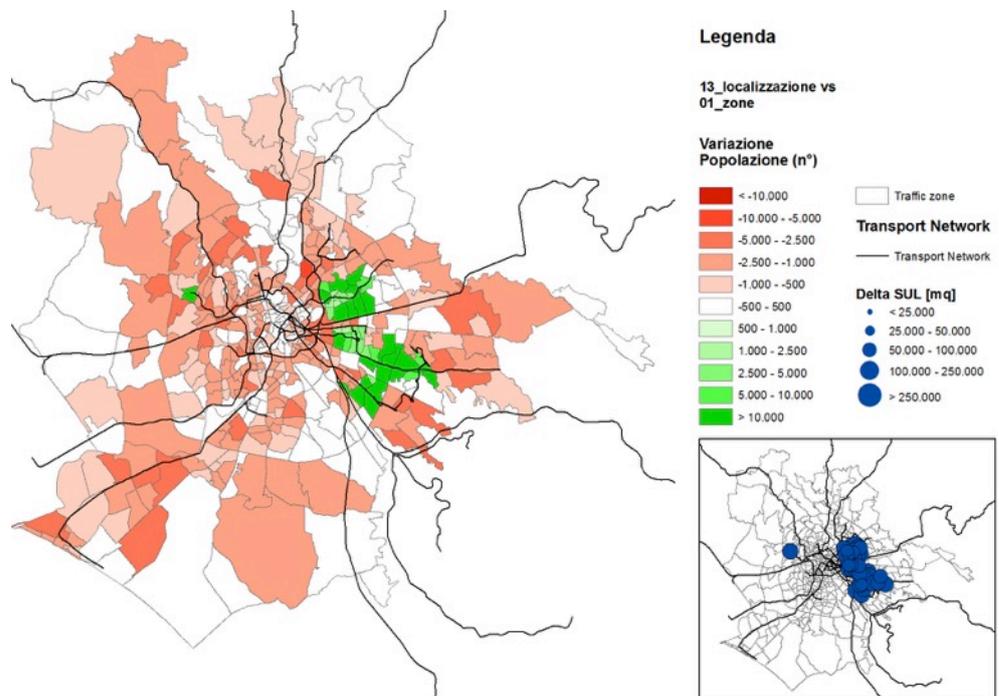


Figura 11: Variazione di Popolazione tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

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 vi è una forte tendenza a ricollocarsi nelle zone di traffico, dove è maggiore la disponibilità di nuova SUL, mentre nelle altre zone si nota una diminuzione.

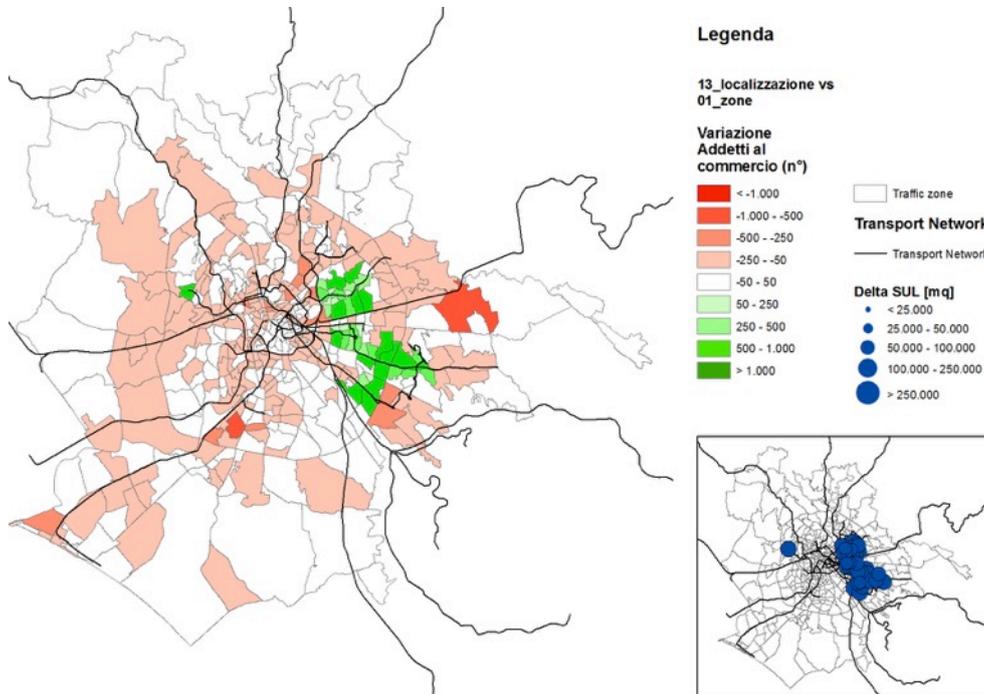


Figura 12: Variazione degli Addetti al Commercio tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P

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 dove vi è disponibilità di nuova SUL.

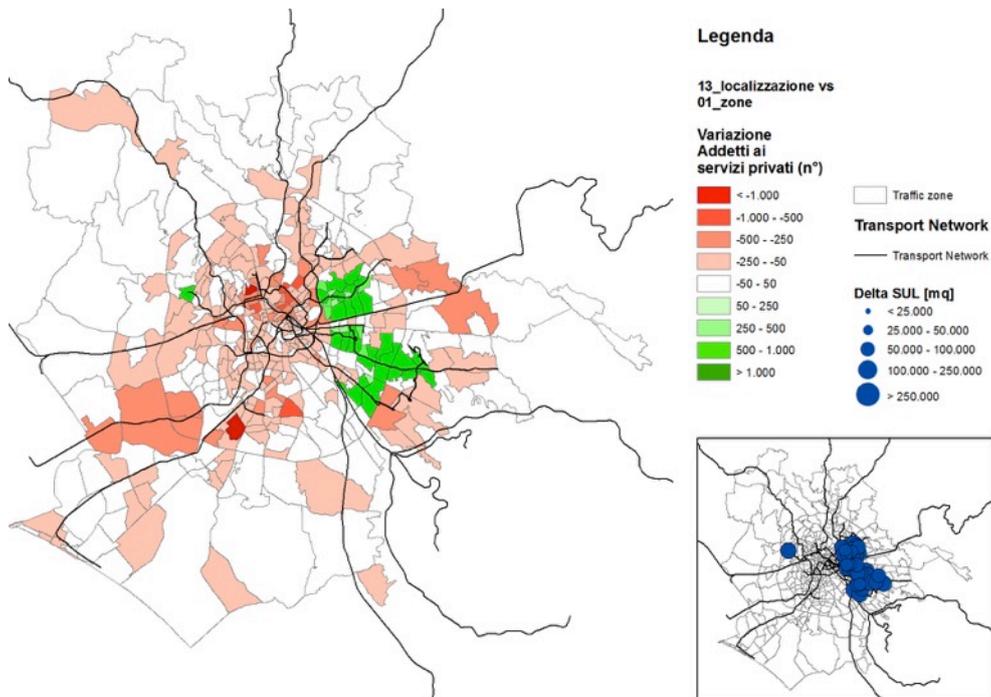


Figura 13: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

2.3.3 Variazione Addetti Totali

Valutando i risultati ottenuti dalla simulazione relativamente agli *addetti totali* è evidente la tendenza per le attività a rilocalizzarsi nelle zone di traffico dove vi è disponibilità di nuova SUL.

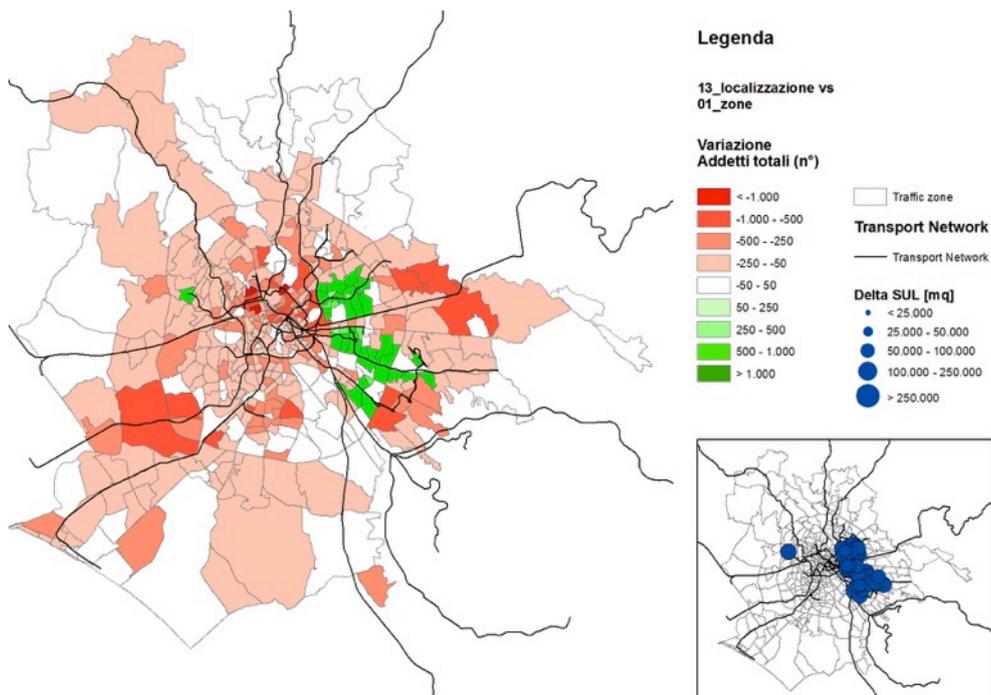


Figura 14: Variazione degli Addetti Totali tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

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 *TOD_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 un incremento degli spostamenti casa-lavoro da e verso la quinta corona, questo sta ad indicare che sono numerose le residenze e le attività che la rilocalizzazione del modello a seguito della simulazione va ad insediare in questa corona. Questo fenomeno è sottolineato ancor di più dall'incremento del numero di spostamenti interni alla quinta corona PGU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-660	-17%	-382	-14%	49	7%	-13	-4%	10	8%	-996	-13%
2	-1.043	-10%	-7.646	-23%	-214	-2%	-255	-8%	70	5%	-9.088	-16%
3	916	8%	3.150	8%	547	1%	927	5%	1.273	16%	6.812	6%
4	951	34%	5.934	43%	6.069	33%	4.199	15%	4.301	50%	21.454	30%
5	161	16%	1.711	19%	699	5%	547	3%	-990	-2%	2.128	3%
Totale	325	1%	2.767	3%	7.150	8%	5.405	8%	4.664	8%	20.310	6%

Tabella 14: Confronto Matrice OD per PGU per il motivo lavoro tra lo scenario di Base e lo scenario *TOD_01_P* Simulato

2.4.1.2 Spostamenti Casa-Altri Motivi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-72	-5%	-220	-12%	234	15%	189	62%	99	61%	230	4%
2	-506	-16%	-6.221	-32%	-1.542	-10%	787	27%	402	26%	-7.081	-17%
3	343	7%	-3.327	-14%	2.915	5%	5.637	63%	2.517	48%	8.084	8%
4	598	27%	210	2%	7.571	32%	15.731	121%	4.385	74%	28.494	50%
5	-43	-2%	-1.633	-15%	415	2%	4.062	46%	525	2%	3.325	5%
Totale	319	2%	-11.191	-16%	9.592	8%	26.406	78%	7.927	22%	33.053	12%

Tabella 15: Matrice OD per PGU per motivo non lavoro (ScSup, ScUni e Altro) tra lo scenario di Base e lo scenario *TOD_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 e destinazione nella quinta corona PGTU.

	1		2		3		4		5		Totale	
1	0	0%	-153	-13%	-53	-4%	81	17%	45	20%	-80	-3%
2	0	0%	-2.413	-21%	-1.921	-15%	125	3%	202	8%	-4.007	-13%
3	0	0%	-1.921	-15%	334	1%	3.921	20%	2.712	24%	5.046	6%
4	0	0%	125	3%	7.425	27%	9.720	45%	7.107	56%	24.378	37%
5	0	0%	1.440	13%	332	1%	3.608	17%	-131	0%	5.250	5%
Totale	0	0%	-2.922	-7%	6.117	6%	17.456	26%	9.936	14%	30.587	11%

Tabella 16: Matrice OD per PGTU per modo auto tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_01_P Simulato

2.4.2.2 Moto

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-176	-15%	-88	-14%	13	6%	-2	-4%	-2	-7%	-256	-12%
2	-929	-20%	-968	-19%	-49	-3%	-54	-10%	-22	-11%	-2.022	-17%
3	-776	-14%	-846	-11%	373	7%	258	10%	1	0%	-990	-4%
4	-45	-2%	-262	-6%	633	18%	769	28%	238	22%	1.333	9%
5	-252	-21%	-780	-28%	-258	-9%	-105	-6%	30	1%	-1.366	-12%
Totale	-2.178	-14%	-2.945	-14%	712	5%	865	11%	245	5%	-3.301	-5%

Tabella 17: Matrice OD per PGTU per modo moto tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_01_P Simulato

2.4.2.3 Trasporto pubblico

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

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-383	-14%	-301	-12%	324	39%	98	117%	66	197%	-197	-3%
2	-560	-6%	-8.043	-30%	254	3%	461	52%	291	87%	-7.597	-17%
3	2.036	20%	92	0%	1.704	5%	2.700	61%	1.076	115%	7.608	10%
4	1.594	67%	2.336	31%	5.444	51%	1.988	27%	1.341	151%	12.703	44%
5	369	19%	-581	-9%	1.040	16%	1.104	58%	-369	-4%	1.562	6%
Totale	3.056	12%	-6.497	-9%	8.766	15%	6.351	43%	2.404	23%	14.080	8%

Tabella 18: Matrice OD per PGTU per modo trasporto pubblico tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_01_P Simulato

2.4.2.4 Piedi

	1		2		3		4		5		Totale	
1	-173	-12%	-60	-30%	0	0%	0	0%	0	0%	-233	-14%
2	-60	-23%	-2.444	-27%	-40	-11%	0	0%	0	0%	-2.544	-26%
3	0	0%	-88	-25%	1.049	5%	-5	-5%	0	0%	956	4%
4	0	0%	0	0%	137	51%	7.964	91%	0	-6%	8.101	90%
5	0	0%	0	0%	0	0%	1	48%	5	0%	6	0%
Totale	-233	-14%	-2.591	-27%	1.146	5%	7.960	90%	5	0%	6.287	12%

Tabella 19: Matrice OD per PGTU per modo piedi tra lo scenario di Base e lo scenario TOD_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 *TOD_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 gli unici incrementi positivi significativi per gli spostamenti si hanno in uscita dalla quarta corona PGTU, ed in particolare per l'auto e il trasporto pubblico.

	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	3.008	1.857	6.055	1.405	12.324
2	27.259	10.045	37.888	7.214	82.406
3	104.681	20.280	85.775	23.777	234.513
4	104.626	14.855	41.374	17.086	177.942
5	106.213	9.761	26.512	10.085	152.572
Totale	345.787	56.798	197.604	59.568	659.757

Tabella 21: Ripartizione modale Scenario TOD_01_P Simulato per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-80	-256	-197	-233	-766
2	-4.006	-2.022	-7.597	-2.544	-16.170
3	7.633	-1.300	7.608	956	14.897
4	28.322	821	12.704	8.101	49.948
5	5.250	-1.365	1.562	6	5.454
Totale	37.118	-4.122	14.079	6.287	53.362

Tabella 22: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	-3%	-12%	-3%	-14%	-6%
2	-13%	-17%	-17%	-26%	-16%
3	8%	-6%	10%	4%	7%
4	37%	6%	44%	90%	39%
5	5%	-12%	6%	0%	4%
Totale	12%	-7%	8%	12%	9%

Tabella 23: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

2.4.3.2 In Entrata

Per la domanda di spostamenti in entrata si registrano significativi incrementi degli spostamenti in auto e con il trasporto pubblico nella quarta 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	13.128	28.895	1.465	43.488
2	66.083	17.453	66.598	7.078	157.213
3	114.321	14.368	68.185	24.160	221.034
4	85.830	6.938	20.965	16.779	130.512
5	79.553	4.912	12.960	10.086	107.510
Totale	345.787	56.798	197.604	59.568	659.757

Tabella 25: Ripartizione modale Scenario TOD_01_P per corone PGTU

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0	-2.178	3.056	-234	644
2	3.609	-2.945	-6.498	-2.591	-8.424
3	6.117	712	8.766	1.146	16.741
4	17.456	44	6.351	7.960	31.811
5	9.936	246	2.404	5	12.590
Totale	37.118	-4.122	14.079	6.287	53.362

Tabella 26: Variazione degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario TOD_01_P Simulato

	Auto	Moto	TP	Piedi	Totale
1	0%	-14%	12%	-14%	2%
2	6%	-14%	-9%	-27%	-5%
3	6%	5%	15%	5%	8%
4	26%	1%	43%	90%	32%
5	14%	5%	23%	0%	13%
Totale	12%	-7%	8%	12%	9%

Tabella 27: Variazione percentuale degli spostamenti in uscita per corone PGTU tra lo scenario di Base e lo Scenario Compatto TOD_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	49.153	141.640	394.995
3	88.003	357.423	939.809
4	57.360	239.754	581.101
5	61.335	250.527	635.584
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976

Tabella 28: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_01_P non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	7.977	12.966	45.815
2	39.158	89.612	286.255
3	84.692	324.091	885.506
4	77.292	376.660	830.667
5	57.415	204.924	563.733
Totale	266.535	1.008.254	2.611.976

Tabella 29: Popolazione nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_01_P simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-2.706	-5.945	-14.673
2	-9.995	-52.027	-108.740
3	-3.311	-33.332	-54.303
4	19.932	136.906	249.566
5	-3.920	-45.603	-71.851
Totale	0	0	0

Tabella 30: Variazione della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario TOD_01_P simulato e lo scenario Compatto 01 C non simulato

PGTU	Occupati di fascia Alta	Occupati di fascia Bassa	Popolazione
1	-25%	-31%	-24%
2	-20%	-37%	-28%
3	-4%	-9%	-6%
4	35%	57%	43%
5	-6%	-18%	-11%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 31: Variazione percentuale della Popolazione nell'area di Studio e nelle 5 PGTU tra lo scenario TOD_01_P simulato e lo scenario TOD_01_P non simulato

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello scenario *TOD_01_P* per la popolazione residente nell'area di studio, si nota che è accentuata la tendenza per i residenti ad insediarsi in quelle zone di traffico dove è disponibile la nuova SUL, appartenenti prevalentemente alla quarta e quinta corona PGTU.

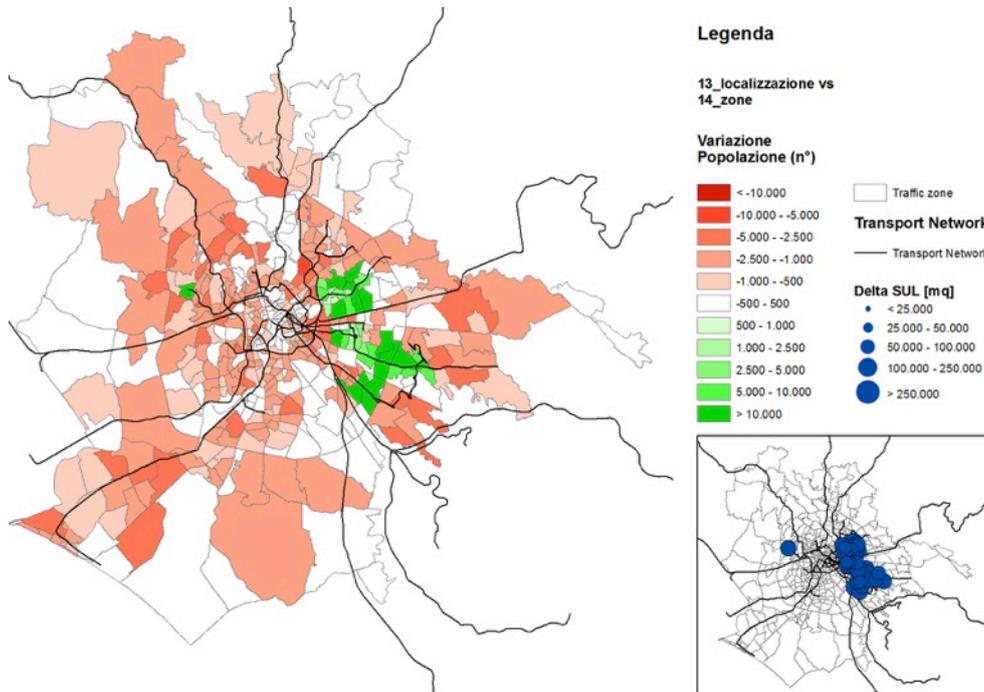


Figura 15: Variazione della popolazione residente per zona di traffico a seguito della simulazione

3.1.1 Variazione Occupati di fascia Alta

All'interno dell'area di studio si registra un incremento del numero di *occupati di fascia alta*, in particolare tali valori positivi si registrano nelle aree interessate da un'incremento di nuova SUL.

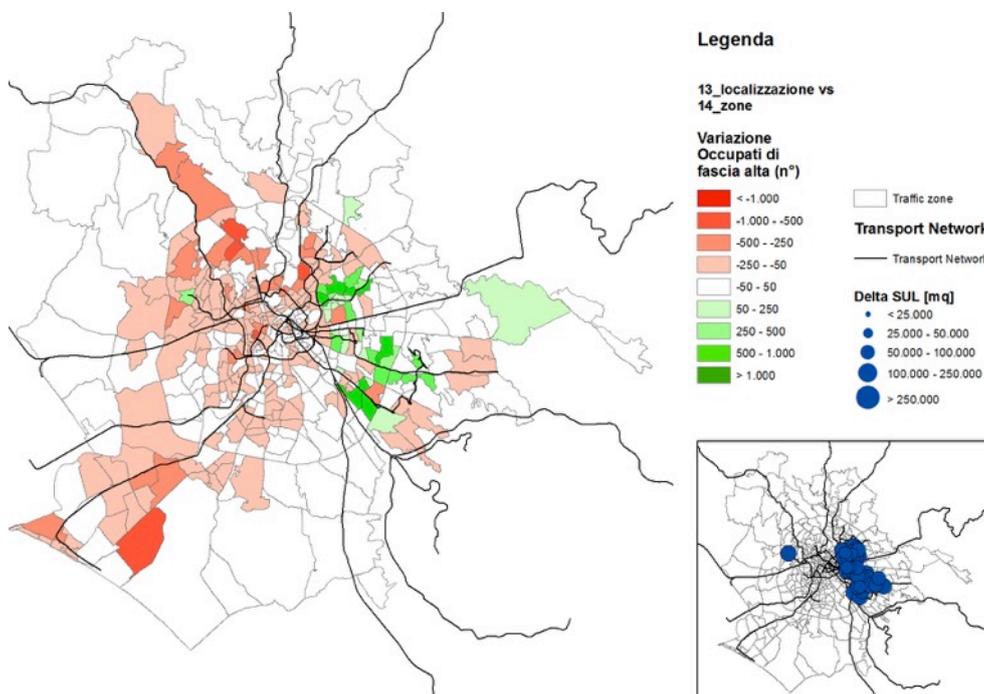


Figura 16: Variazione degli Occupati Alti per zona di traffico a seguito della simulazione

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 redistribuzione positiva di *Occupati di fascia bassa* a seguito della simulazione sono quelle in cui è prevista la localizzazione di nuova SUL.

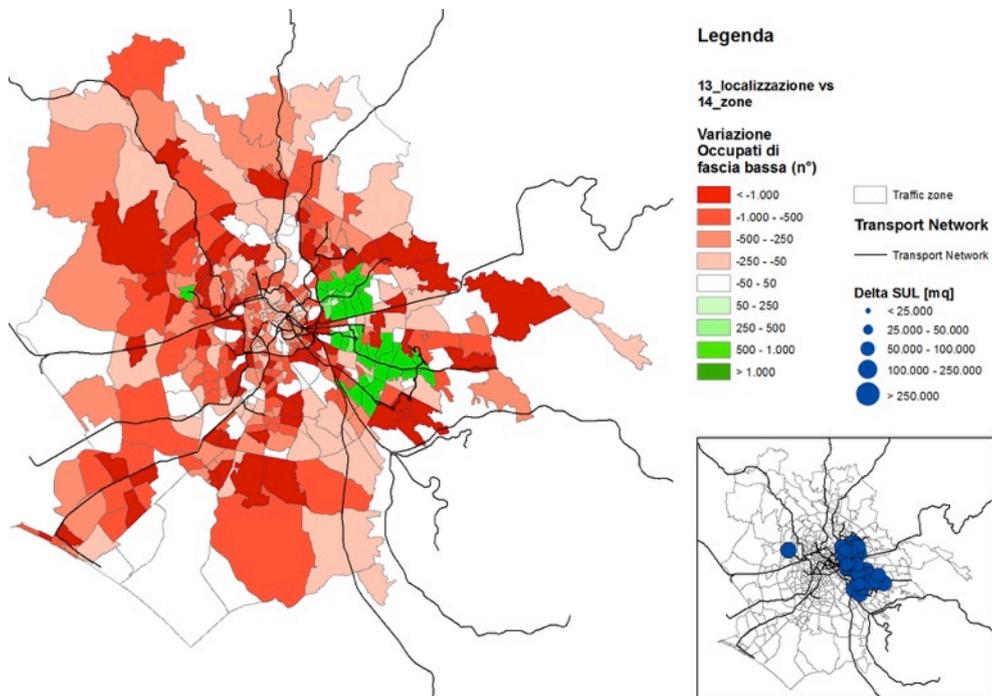


Figura 17: Variazione degli Occupati Bassi per zona di traffico a seguito della simulazione

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	151.405	56.884	343.966
4	118.381	47.333	267.453
5	79.892	42.632	216.323
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	48.323	8.043	93.968
2	48.645	8.917	97.576
3	162.086	26.112	316.421
4	153.704	56.599	346.254
5	138.040	56.856	298.198
Totale	80.993	41.664	216.389

Tabella 33: Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_01_P

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-4.271	-1.715	-6.392
2	-18.788	-6.555	-26.707
3	2.299	-285	2.288
4	19.659	9.523	30.745
5	1.101	-967	66
Totale	0	0	0

Tabella 34: Variazione Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_01_P

PGTU	Addetti ai Servizi Privati	Addetti al Commercio	Addetti Totali
1	-8%	-16%	-6%
2	-10%	-20%	-8%
3	2%	-1%	1%
4	17%	20%	11%
5	1%	-2%	0%
Totale	0%	0%	0%

Tabella 35: Variazione percentuale Addetti nell'area di Studio per corone PGTU scenario TOD_01_P

Analizzando i risultati ottenuti dalla simulazione dello *Scenario TOD_01_P* per gli *Addetti Totali* localizzati all'interno dell'area di studio, si può osservare dai dati numerici riportati nelle precedenti tabelle, che le zone di traffico interessate da incrementi positivi sono quelle in cui è prevista la localizzazione di nuova SUL.

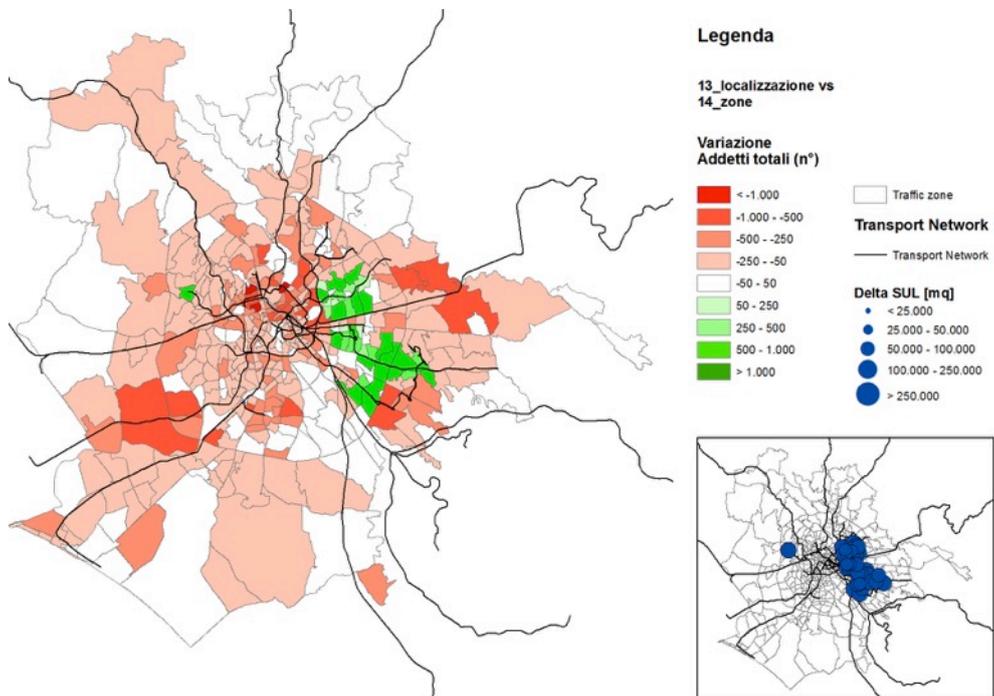


Figura 18: Variazione degli Addetti Totali per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.1 Addetti al Commercio

A seguito della simulazione, gli *Addetti al Commercio* registrano incrementi positivi nelle zone di traffico in cui si prevede la localizzazione di nuova SUL.

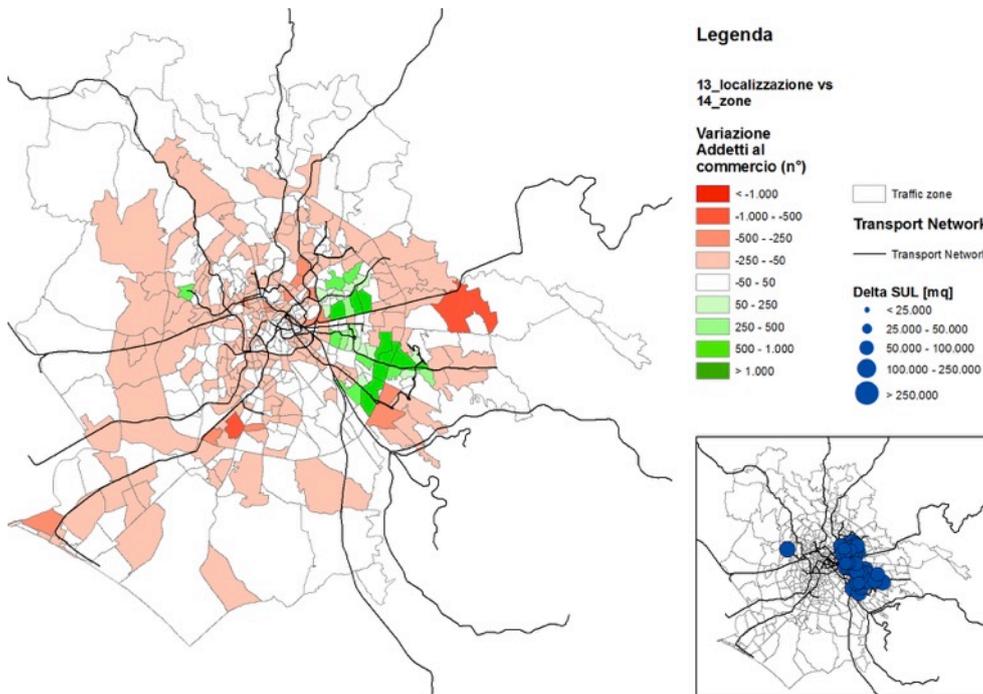


Figura 19: Variazione degli Addetti al Commercio per zona di traffico a seguito della simulazione

3.2.2 Addetti ai Servizi Privati

A seguito della simulazione, il modello ridistribuisce un maggiore numero di *Addetti ai Servizi Privati* nelle zone di traffico in cui si prevede la realizzazione di nuovi insediamenti.

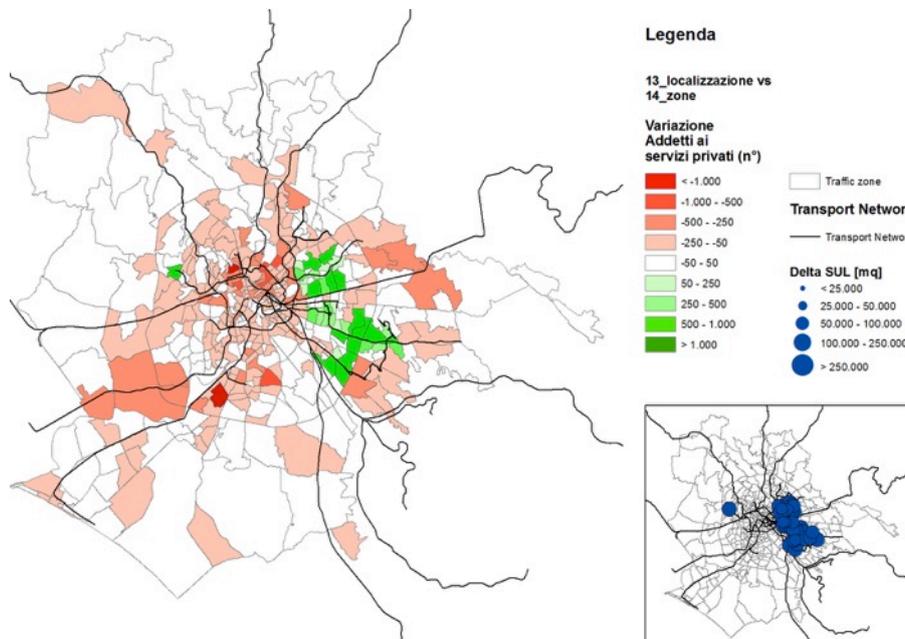


Figura 20: Variazione degli Addetti ai Servizi Privati per zona di traffico a seguito della simulazione

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
Sociale	Distanze medie percorse in auto in uscita (pesate sulla domanda di mobilità)	km
	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.

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	25,7	17,2	-5,4%	7,6%	-2,7%	4,6%
2	25,1	20,8	-6,8%	2,9%	-3,0%	3,0%
3	27,8	25,7	-10,4%	-4,9%	-2,8%	0,6%
4	29,2	31,8	-13,0%	-11,6%	-2,2%	-8,0%
5	41,2	46,0	-10,9%	-8,3%	9,7%	-7,6%
scenario	32,1	28,5	-11,2%	-3,4%	-2,3%	-6,0%

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

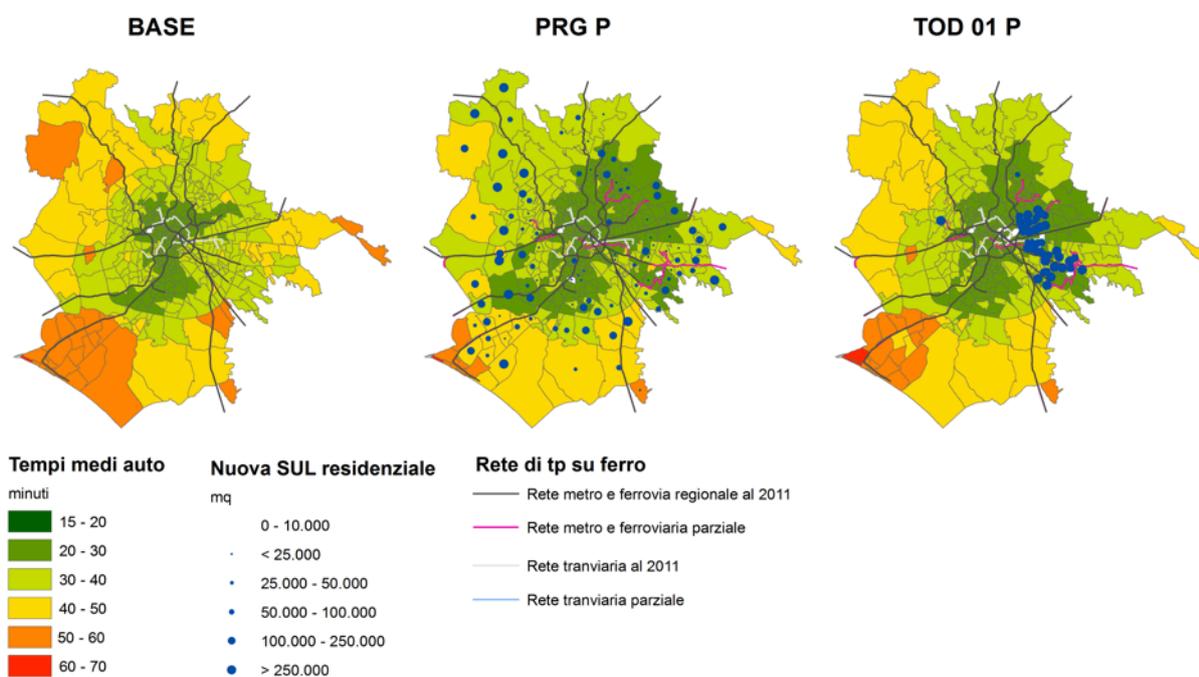


Figura 21: Tempi medi auto in uscita scenari TOD_01_P, PRG_P e Base

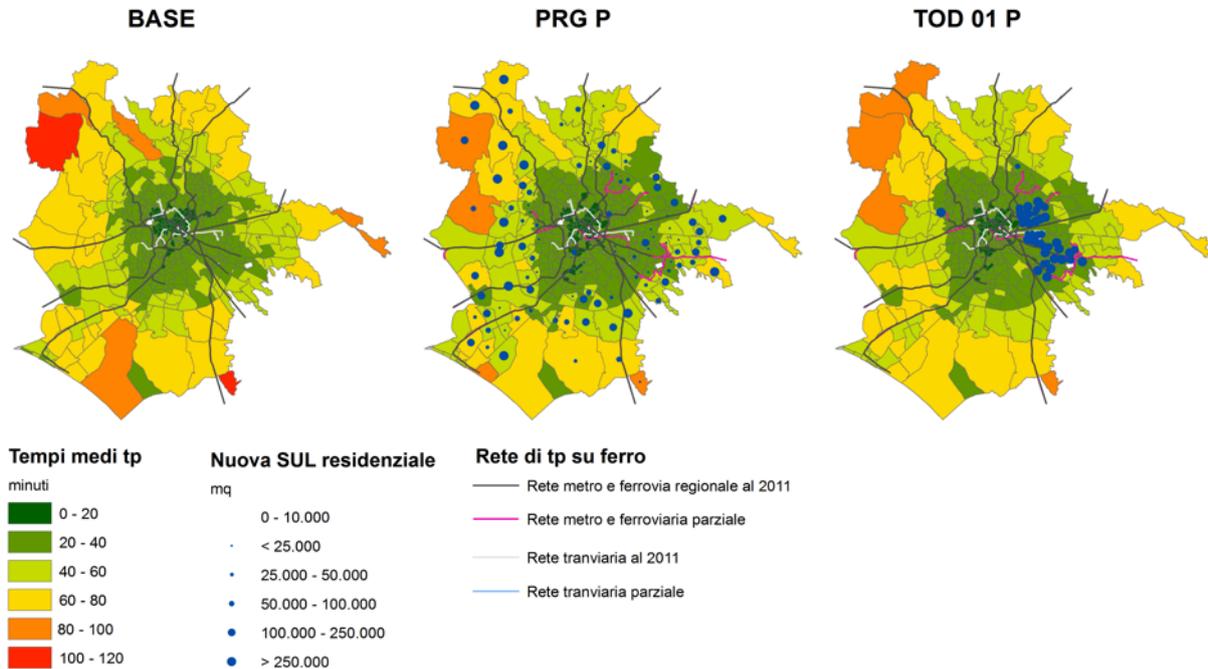


Figura 22: Tempi medi trasporto pubblico (tp) in uscita scenari TOD_01_P, PRG_P e Base

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.

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

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

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. Gli effetti del minore consumo di suolo nello scenario in oggetto e dei maggiori costi dei suoli al mq rispetto allo scenario PRG_P si compensano.

Scenario			vs PRG_P
Costi edilizia	Costi infrastrutture	Costi totali	Costi totali
euro	euro	euro	%
9.338.626.821	4.693.089.428	14.031.716.249	-0,3%

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 in analisi risulta essere minore di circa il 10% 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	%
1.645.863,13	3.392.379,10	5.038.242,22	-9,8%

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 rispetto allo scenario PRG_P ed una riduzione rispetto allo scenario di base.

Scenario	vs Base	vs PRG_P
<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>	<i>Densità di attività</i>
attività/ettaro	%	%
156,4	-16,9%	5,8%

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
7.509.340	-1,1%	-17,0%

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 rispetto allo scenario PRG_P. Ciò è dovuto, come è intuibile anche dalla tabella 41, ad una minore distanza tra residenze e luoghi di lavoro. I veicoli.km dello scenario in oggetto risultano essere all'incirca gli stessi dello scenario di base.

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
Consumo energetico	Consumo energetico	Consumo energetico
GJ	GJ	GJ
34.693	-1,1%	-17,0%

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

Scenario	vs Base	vs PRG_P
Emissioni CO2	Emissioni CO2	Emissioni CO2
t	t	t
658	-1,1%	-17,0%

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:

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

	Scenario	vs Base	vs PRG_P
Corona	Distanze medie auto	Distanze medie auto	Distanze medie auto

	km	%	%
1	8,8	7,1%	-6,8%
2	9,2	7,8%	-7,4%
3	10,9	7,4%	-8,0%
4	13,1	4,0%	-8,2%
5	19,2	1,2%	-0,2%
scenario	14,0	3,8%	-11,0%

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.

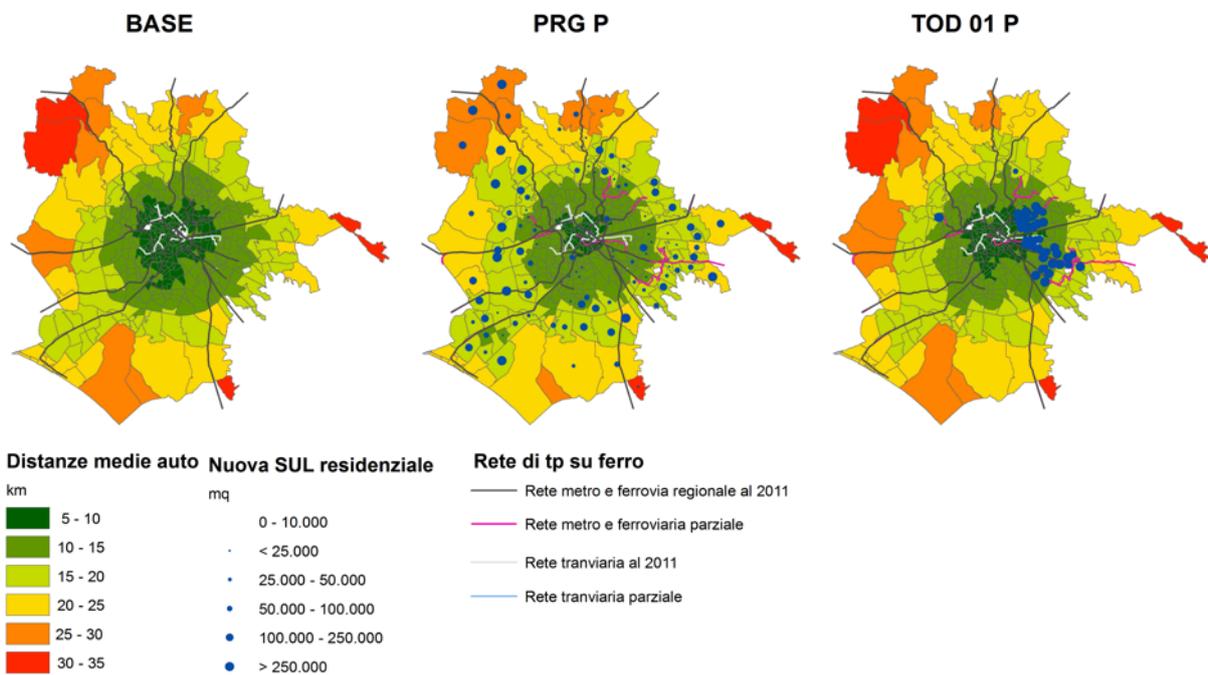


Figura 23: Distanze medie in uscita percorse in auto, scenari TOD_01_P, PRG_P e Base

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

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

Scenario			
<i>Spostamenti</i>	<i>Spostamenti</i>	<i>Spostamenti</i>	<i>Spostamenti</i>

<i>auto</i>	<i>tp</i>	<i>piedi</i>	<i>moto</i>
utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta	utenti/ora di punta
345.787	197.604	59.568	56.798

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
12,0%	7,7%	-2,2%	6,6%

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
-14,7%	6,5%	19,9%	-4,6%

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>
%	%	%	%
52,4%	30,0%	9,0%	8,6%

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
3,0%	-1,0%	-10,1%	-2,0%

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
-9,5%	13,0%	27,2%	1,2%

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	53	65	15,9%	13,5%	6,4%	9,0%
2	44	55	16,1%	15,1%	7,3%	8,9%
3	34	44	31,6%	21,7%	13,2%	10,1%
4	29	34	40,4%	31,1%	13,1%	17,2%
5	12	22	35,3%	31,8%	0,1%	24,4%
scenario	29	37	28,9%	20,4%	18,5%	25,0%

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	%	%
0,24407	-20,4%	-45,0%

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 in oggetto è il più equo. Ciò è dovuto al fatto nello scenario di analisi la maggioranza della popolazione è localizzata nelle zone interne al GRA, dove si concentra anche il maggior numero di addetti.

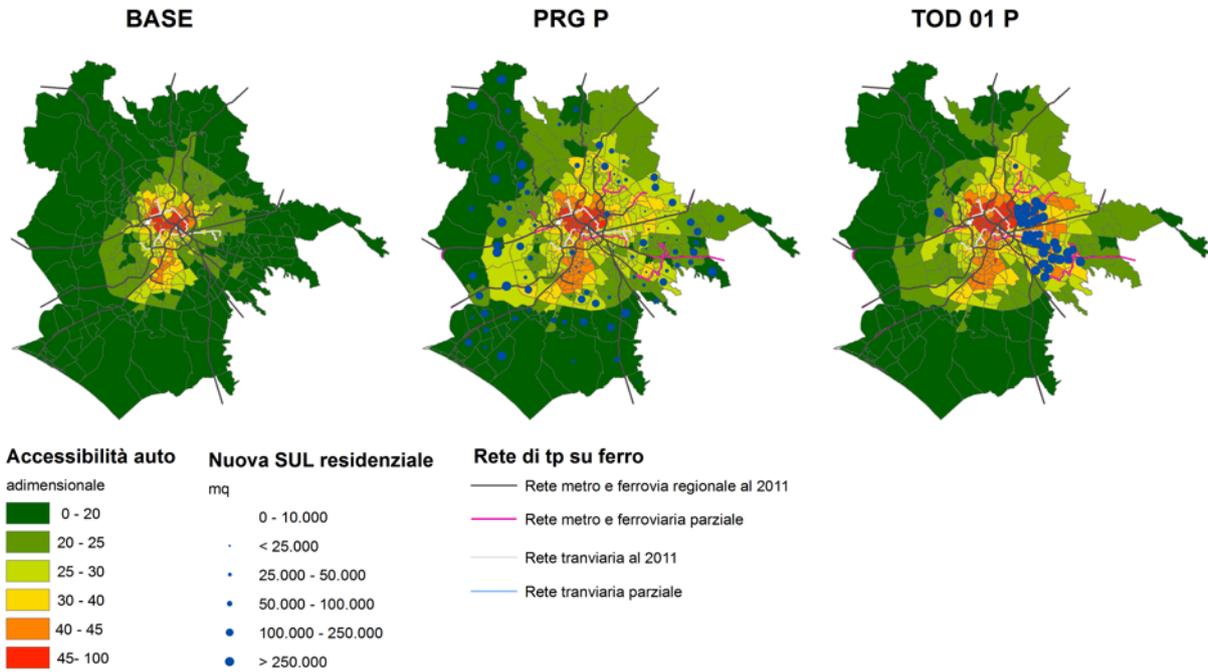


Figura 24: Accessibilità al lavoro con l'auto, scenari TOD_01_P, PRG_P e Base

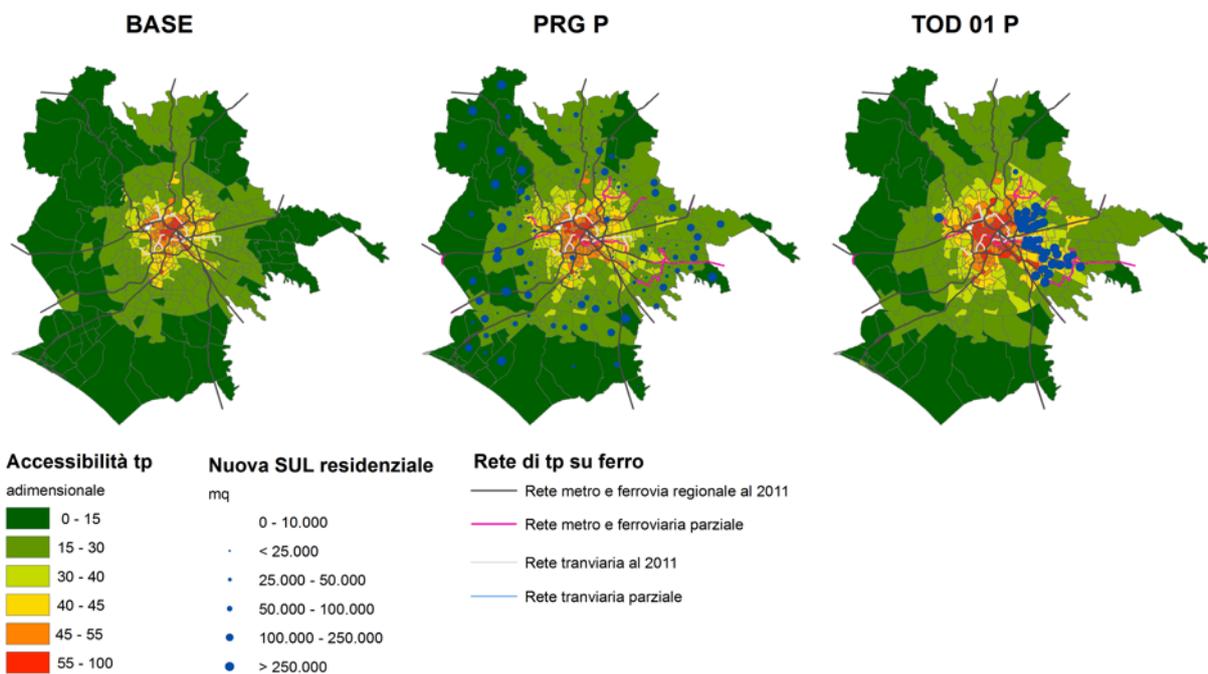


Figura 25: Accessibilità al lavoro con il trasporto pubblico, scenari TOD_01_P, PRG_P e Base

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.