

Prossima fermata: adattamento

**Trasporti pubblici urbani e cambiamenti climatici a Roma: il caso del  
trasporto di superficie**

Scuola dottorale in Culture e trasformazioni del territorio  
Dottorato di ricerca in Politiche territoriali e progetto locale  
Coordinatrice: prof.ssa Anna Laura Palazzo

XXVIII Ciclo  
Tutor: prof. Andrea Filpa  
Dottorando: Lorenzo Barbieri

## Ringraziamenti

Questa tesi riassume tre anni di lavoro e di vita passati a fare ricerca su argomenti che mi appassionano. Per quanto la tesi di dottorato sia un impegno solitario non credo che sarei riuscito a concludere questa ricerca senza tutte le persone che mi hanno accompagnato e aiutato, e che intendo ringraziare, sperando di non dimenticare nessuno.

Andrea Filpa, che mi ha seguito e sostenuto incondizionatamente durante questi tre anni nell'elaborazione della tesi.

Marco Cremaschi e Anna Laura Palazzo, i coordinatori del dottorato, per avermi aiutato mettendo in discussione le mie posizioni in maniera costruttiva e per aver guidato il mio lavoro.

Simone Ombuen, per i suggerimenti e le conversazioni sulla tesi.

L'intero collegio dei docenti del Dottorato, per aver seguito l'avanzamento della tesi nel corso degli anni e per i preziosi consigli.

I colleghi di Dottorato, in particolare Mario, Valeria e Marta con cui ho condiviso questi tre anni di percorso.

I colleghi del Laboratorio di Urbanistica e dell'aula CAAD che mi hanno accompagnato nel corso degli anni.

La redazione di UrbanisticaTre, di cui faccio orgogliosamente parte dal 2014: Betta, Janet, Nicola, Sara e Viviana.

La collaborazione con l'Atac è stata fondamentale per la riuscita di questa tesi, quindi colgo l'occasione per ringraziare chi ha permesso che potessi avere accesso ai dati: Giuseppe Noia, Pietro Spirito, Maurizio Del Giovane e Gian Luca Naso. Una volta entrato ho avuto l'onore di conoscere il gruppo che si occupa dell'Infomobilità: Alessandro, Calogero, Celestino, Denise, Eleonora, Federica, Luciano, Marco, Massimo, Michele, Paolo, Roberto, Sandro, Serena, Stefano che ringrazio per avermi ospitato, sopportato, aiutato e accolto come uno di famiglia.

Fuori dall'università devo ringraziare tre gruppi di persone.

Prima di tutto la mia famiglia, che in tutti questi anni mi ha dato fiducia e mi ha accompagnato in questo percorso.

Seguono i coinquilini della GarbaHouse che si sono succeduti negli ultimi anni, con cui ho condiviso ben più di quattro mura.

Infine, ma non per importanza, i miei amici a Roma, Venezia, Milano e Newcastle con cui ho condiviso molto dentro e fuori l'università e che mi hanno aiutato a diventare quello che sono oggi.

# Indice

<b>1. Introduzione</b>	6
1.1. Trasporti e cambiamenti climatici a Roma: un percorso di ricerca	6
1.2. Le ragioni della scelta	7
1.3. Struttura della tesi	7
<b>2. Tema di ricerca</b>	9
2.1. Sfondo: trasporti e cambiamenti climatici	9
2.1.1. Il contesto: incertezza, dati e buon senso	9
2.1.2. Cambiamenti climatici, città e trasporti	11
2.1.3. Mitigazione e adattamento nei trasporti	13
2.2. Griglia interpretativa e domanda di ricerca	14
2.2.1. Domanda di ricerca	14
2.2.2. Griglia interpretativa	14
2.2.3. Sotto-domande di ricerca	15
2.3. Rassegna della letteratura	17
2.3.1. Introduzione	17
2.3.2. Riferimenti teorici sull'adattamento	17
2.3.3. Adattamento nel settore dei trasporti: lungo periodo	20
2.3.4. Adattamento nel settore dei trasporti: breve periodo	24
2.3.5. Policy transfer e buone pratiche	27
2.4. Metodologia	28
2.4.1. La scelta della metodologia dello studio di caso	28
2.4.2. Metodi quantitativi nella raccolta dei dati di vulnerabilità climatica del sistema dei trasporti	30
2.4.4. Software open-source e collaborative mapping	31
<b>3. I cambiamenti climatici a Roma</b>	32
3.1. Introduzione alla CVCR	32
3.2. Metodologia	32
3.3. Unità di analisi	34
3.4. Esposizione	36
3.4.1. Esposizione alle ondate di calore (temperature notturne estive)	38
3.4.2. Esposizione all'allagamento da piogge intense	39
3.4.3. Esposizione all'allagamento fluviale	40
3.5. Sensibilità	41
3.5.1. Uso del suolo, densità e continuità dell'edificato	42
3.5.2. Densità di popolazione	43
3.5.3. Percentuale di popolazione anziana	44
3.5.4. Sensibilità aggregata	45
3.6. Impatti	46
3.6.1. Impatti delle ondate di calore (temperature notturne estive)	47
3.6.2. Impatti dell'allagamento da piogge intense	48
3.6.3. Impatti dell'allagamento fluviale	49
3.7. Capacità adattiva	50
3.7.1. Prossimità alle infrastrutture verdi	51
3.7.2. Indice di vegetazione	52
3.7.3. Suolo permeabile	53

3.8. Vulnerabilità	54
3.8.1. Vulnerabilità alle ondate di calore	55
3.8.2. Vulnerabilità all'allagamento da piogge intense	56
3.8.3. Vulnerabilità all'allagamento fluviale	57
3.9. Geografia dei cambiamenti climatici: vulnerabilità complessiva	58
3.10. Cambiamenti climatici a Roma: altre attività	59
<b>4. TPL romano e cambiamenti climatici</b>	<b>61</b>
4.1. Introduzione	61
4.2. Il sistema di TPL romano	61
4.2.1. La rete allo stato attuale	62
4.2.2. La rete in progetto	63
4.3. Lo studio dei dati dell'Atac	65
4.3. Precipitazioni e allagamenti stradali	68
4.3.1. Descrizione generale di problemi dovuti ad allagamenti	68
4.3.2. Descrizione dei disservizi durante giorni di pioggia (1999-2014)	69
4.3.3. Descrizione del 21 ottobre 1999	70
4.3.4. Descrizione del 18 novembre 2002	72
4.3.5. Descrizione del 5 ottobre 2003	74
4.3.6. Descrizione del 7 luglio 2006	75
4.3.7. Descrizione del 4 novembre 2008	76
4.3.8. Descrizione della serie di giorni a dicembre 2008	78
4.3.9. Descrizione della serie di giorni tra 2 e 4 luglio 2009	82
4.3.10. Descrizione del 17 dicembre 2010	84
4.3.11. Descrizione del 20 ottobre 2011	86
4.3.12. Descrizione della serie di giorni tra il 31 gennaio e il 3 febbraio 2014	88
4.4. Calore e mezzi di superficie	91
4.4.1. Descrizione generale di problemi dovuti a calore	91
4.4.2. Descrizione dei disservizi durante giorni di calore (1999-2014)	91
4.4.3. Descrizione del 4 luglio 2000	92
4.4.4. Descrizione della serie di giorni tra il 23 e il 24 agosto 2000	94
4.4.5. Descrizione del 14 giugno 2003	96
4.4.6. Descrizione del 12 agosto 2003	97
4.4.7. Descrizione del 23 luglio 2004	98
4.4.8. Descrizione del 29 luglio 2005	99
4.4.9. Descrizione del 19 giugno 2007	100
4.4.10. Descrizione della serie di giorni tra l'1 e il 2 agosto 2008	102
4.4.11. Descrizione del 24 luglio 2009	104
4.4.12. Descrizione della serie di giorni tra il 14 e il 18 luglio 2010	106
4.4.13. Descrizione del 13 luglio 2011	108
4.4.15. Descrizione della serie di giorni tra il 6 e il 9 agosto 2012	110
4.4.16. Descrizione della serie di giorni tra il 27 e il 29 luglio 2013	112
4.5. Esondazioni fluviali e innalzamento del livello del mare	114
4.6. Gruppo di controllo	114
4.6.1. Descrizione del 19 e 20 agosto 2000	115
4.6.2. Descrizione del 17 giugno 2001	115
4.6.3. Descrizione dell'8 agosto 2005	115
4.6.4. Descrizione del 9 e 10 luglio 2006	116
4.6.5. Verifica dei dati raccolti	116
4.7. Rete dei trasporti ed effetti complessivi	117

4.7. Ruolo dei mezzi di comunicazione	119
<b>5. L'adattamento del TPL romano ai cambiamenti climatici: esempi di azione</b>	<b>122</b>
5.1. Introduzione	122
5.2. Interventi di adattamento	122
5.2.1. Manutenzione della rete drenante	123
5.2.2. Spazi permeabili: rain garden e binari verdi	124
5.2.3. Coperture verdi	126
5.2.4. Manutenzione dei viali alberati	127
5.2.5. Consolidamento dei versanti franosi	128
5.2.6. Manutenzione del fondo stradale	128
5.2.7. Manutenzione dei margini delle strade periferiche	129
5.2.8. Rinnovo del materiale rotabile e tetti bianchi	129
5.2.9. Percorsi alternativi per la rete di superficie	131
5.2.10. Nomenclatura per la segnalazione di eventi meteorologici	131
5.2.11. Sistemi di allerta agli utenti	131
5.2.12. Interventi infrastrutturali	133
5.3. Interventi in aree critiche: esempi	133
5.3.1. Stazione Tiburtina	133
5.3.2. Stazione Valle Aurelia	133
5.3.3. Tor Sapienza	134
5.3.4. Ostia Antica	134
5.3.5. Laurentina-Monte Migliore	134
5.3.6. Laurentina-Tintoretto	134
5.3.7. Colombo-Pontina	135
5.3.8. Adattamento già attuato: stazione Anagnina, Linea A	136
<b>6. Conclusioni</b>	<b>137</b>
6.1. Trasporti e cambiamenti climatici: prime riflessioni su un percorso di ricerca	137
6.2. Migliorare la raccolta dei dati e la gestione della rete	137
6.3. Come intervenire nell'adattamento dei trasporti: una tassonomia	139
6.4. Sviluppi futuri	140
<b>7. Bibliografia</b>	<b>142</b>

# 1. Introduzione

## 1.1. Trasporti e cambiamenti climatici a Roma: un percorso di ricerca

I cambiamenti climatici sono una certezza: nel suo quinto rapporto, pubblicato tra il 2013 e il 2014, l'IPCC ha confermato che i cambiamenti climatici sono in atto e ha indicato che le attività umane influiscono su questi mutamenti. In questo contesto, l'insieme delle discipline che si occupa della città e del territorio ha un ruolo molto importante nel contrastare i cambiamenti climatici. Da una parte deve promuovere modelli di sviluppo territoriale ed energetico che minimizzino le azioni e le emissioni che contribuiscono al riscaldamento globale. D'altro canto deve pianificare e gestire città e territori che possano continuare ad esistere e funzionare in condizioni climatiche mutate. È su quest'ultimo tema, l'adattamento ai cambiamenti climatici, che questa tesi si concentra. Tra le tante declinazioni dell'azione degli umani sul territorio, la gestione degli spostamenti è una funzione fondamentale. I trasporti contribuiscono ai cambiamenti climatici perché spesso funzionano direttamente o indirettamente grazie ai combustibili fossili, ma allo stesso tempo li subiscono quando avvengono fenomeni come l'allagamento di una strada, il cedimento di un ponte, e via dicendo. Per questo è fondamentale agire su questo settore per adattarsi al clima futuro.

Il lavoro di ricerca illustrato in questa tesi di dottorato punta a comprendere se abbia senso occuparsi di adattamento nel settore dei trasporti. Il legame fra trasporti e adattamento ai cambiamenti climatici non è per nulla scontato: pensando ai trasporti e ai temi del clima il pensiero va intuitivamente al controllo delle emissioni di gas serra, che sono tra gli elementi che causano il riscaldamento globale e di conseguenza modificano il clima. Con questo lavoro di ricerca invece si vuole evidenziare l'importanza di pensare all'adattamento nel settore dei trasporti, senza per questo negare l'importanza della mitigazione. Si pone l'accento sull'adattamento perché è ormai chiaro che, nonostante gli sforzi di riduzione delle emissioni climalteranti, i cambiamenti climatici avverranno in ogni caso. Anche il sistema dei trasporti pubblici subirà degli impatti: già oggi durante gli eventi meteorologici estremi è possibile assistere agli effetti dei cambiamenti climatici sul sistema dei trasporti. Si cerca quindi di capire cosa succede alla mobilità di una città durante questi eventi. Vista l'importanza dei trasporti pubblici per lo spostamento di un grande numero di persone in un agglomerato urbano, è questo che si è scelto di approfondire.

Data la vastità e la complessità del tema dei trasporti pubblici urbani, si è ritenuto opportuno scegliere un'area in particolare: la città di Roma. Oltre a essere la sede del dottorato e il luogo di residenza di chi scrive, si tratta di una città molto vasta, con numerosi dislivelli oltre agli storici sette colli e una capitale di stato, capoluogo di

regione e città metropolitana. Bisogna aggiungere che Roma ha un sistema dei trasporti pubblici poco adeguato alle sue dimensioni e alle sue funzioni e un rapporto complesso con la pioggia. Inoltre negli ultimi anni anche le ondate di calore hanno generato diversi problemi alla popolazione.

Dopo aver individuato il contesto sono stati scelti i modi di trasporto da analizzare: in questo caso il trasporto pubblico di superficie, a Roma rappresentato da centinaia di linee di autobus, sei di tram e una di filobus. Si è deciso di analizzare questi modi di trasporto perché rappresentano la maggioranza – le linee di metropolitana e le ferrovie locali sono in tutto sei – e perché sono disponibili dati sugli effetti degli eventi meteorologici estremi a riguardo.

Dopo aver studiato, nei modi che saranno spiegati in dettaglio nella tesi, gli effetti degli eventi meteorologici sulla rete di trasporto pubblico di superficie, lo scopo finale è identificare quali azioni di adattamento è possibile attuare nel contesto capitolino e comprendere dove è necessario intervenire.

## **1.2. Le ragioni della scelta**

Le ragioni della scelta e dell'argomento sono state brevemente indicate nel paragrafo precedente, ma giova in ogni caso espandere ulteriormente questo argomento.

Chi scrive si occupa di urbanistica da oltre dieci anni, fin dall'inizio della sua carriera accademica nel 2004. In parallelo all'interesse per i temi del territorio, maturato negli anni dell'università, quella per i trasporti pubblici urbani è una vera e propria passione che prescinde da una curiosità accademica e la precede. Nel periodo di studio alla Newcastle University, chi scrive ha per la prima volta cercato di tenere insieme gli studi e gli interessi personali, scegliendo di scrivere una dissertazione sul tema dei trasporti. L'oggetto dell'elaborato finale era lo studio dell'attuazione di progetti di Bus Rapid Transit nel Regno Unito, a partire dalla crescente popolarità di questo modo di trasporto in America del Sud e in Asia.

Da quel momento in poi, ha scelto di portare avanti l'interesse verso i trasporti nel proseguimento della carriera accademica. È così che chi scrive nel 2012 è entrato nel programma dottorale di questa università: unendo l'adattamento ai cambiamenti climatici – tema di crescente attualità all'epoca, e ancora di più adesso – ai trasporti.

## **1.3. Struttura della tesi**

La tesi è strutturata in sei capitoli che affrontano i diversi argomenti del lavoro di ricerca. Il primo capitolo illustra l'introduzione al lavoro di ricerca e le motivazioni della scelta. All'ultimo capitolo sono dedicate le riflessioni conclusive, con cui si ragiona l'argomento della ricerca, cioè il legame tra i trasporti e l'adattamento ai cambiamenti climatici, e si accenna alle questioni rimaste aperte.

Il secondo capitolo contiene la cosiddetta cassetta degli attrezzi della ricerca, vale a dire gli strumenti e la base teorica su cui si fonda la tesi: prima di tutto si illustra lo

sfondo tematico su cui si basa lo studio dottorale; segue l'enunciazione della domanda di ricerca e la presentazione della griglia interpretativa; la sezione successiva contiene una rassegna ragionata della letteratura; chiude il capitolo l'illustrazione della metodologia e dei metodi di ricerca.

Con il terzo capitolo si descrive in generale la questione climatica a Roma, illustrando il lavoro che ha prodotto la Carta della Vulnerabilità Climatica di Roma 1.0. svolto dal gruppo di ricerca "Politiche e strategie urbane per l'adattamento climatico" di cui chi scrive fa parte.

Il quarto capitolo costituisce il cuore analitico della tesi: dopo aver descritto nel suo complesso il sistema dei trasporti pubblici capitolino (stato di fatto e sviluppi futuri), illustra lo studio degli effetti degli eventi riconducibili ai cambiamenti climatici sulla rete del trasporto pubblico di superficie di Roma.

Infine il quinto capitolo – che rappresenta la dimensione operativa della tesi, fondamentale nell'adattamento – contiene proposte ed esempi di adattamento, che abbiano la funzione di indicazioni per rendere il sistema dei trasporti meno vulnerabile rispetto agli inevitabili cambiamenti climatici.



## 2. Tema di ricerca

### 2.1. Sfondo: trasporti e cambiamenti climatici

Questo capitolo contiene una sezione molto importante della tesi nel suo complesso: illustra infatti quella che si può definire la cassetta degli attrezzi di questo lavoro di ricerca. Oltre a questo paragrafo, che illustra lo sfondo disciplinare in cui si colloca la tesi di dottorato, il capitolo contiene altri tre paragrafi che descrivono rispettivamente: la domanda di ricerca e la griglia interpretativa, dispositivi che aiutano a impostare e orientare il lavoro; la rassegna della letteratura, che si basa sulla griglia interpretativa e presenta le conoscenze sviluppate nei campi che la tesi attraversa; la metodologia e i metodi della ricerca, che dirigono il lavoro fatto.

L'oggetto di questo paragrafo in particolare è illustrare lo sfondo disciplinare della ricerca dottorale. Detto per sommi capi, lo sfondo è dato dalla sovrapposizione di due temi: il contrasto ai cambiamenti climatici e la gestione dei trasporti.

#### 2.1.1. Il contesto: incertezza, dati e buon senso

La tesi cerca di affrontare un tema complesso che non può prescindere da un livello pratico ma che allo stesso tempo richiede fondamenti teorici. Infatti, una solida base teorica serve per costruire una tesi dal contenuto concreto e propositivo.

Affrontare i cambiamenti climatici implica per forza di cose di avere a che fare con un'intrinseca incertezza: posto che i cambiamenti climatici avverranno, indipendentemente da chi o che cosa li causi, non è chiaro che cosa accadrà esattamente nelle singole città. Infatti, nonostante gli sforzi che al termine del 2015 i rappresentanti delle nazioni partecipanti alla COP21 hanno fatto, un aumento di qualche grado della temperatura globale è inevitabile. Al momento (maggio 2016) l'accordo di Parigi è stato firmato da 176 paesi e dall'Unione Europea, mentre 16 stati, pari allo 0,03% delle emissioni globali totali di gas serra, hanno depositato i propri strumenti di ratificazione. L'accordo entrerà in vigore un mese dopo il momento in cui 55 stati che rappresentino il 55% delle emissioni di gas serra avranno depositato i propri strumenti di ratificazione. L'obiettivo dell'accordo è di fermare la crescita della temperatura al di sotto dei 2° C in più rispetto ai livelli pre-industriali e di impegnarsi a limitare l'aumento della temperatura a 1,5° C (UNFCCC, 2016).

Alcuni autori riflettono sul tema dell'incertezza, in particolare illustrando lo sforzo che si può fare nel normalizzare l'adattamento: cioè nel tenere conto di diverse declinazioni di quanto gravi saranno gli effetti dei cambiamenti climatici (Dovers, 2009).

Allo stesso tempo, diversi enti di ricerca nel mondo lavorano alla costruzione di scenari dei cambiamenti climatici, in Italia in particolare il CMCC. Per funzionare a scale

maggiori di quelle nazionali gli scenari devono essere sottoposti a un procedimento noto come *downscaling*, cioè devono essere aumentati di scala per indicare i cambiamenti che avverranno, per esempio, in città. Al momento della scrittura di questo testo, per Roma – *case study* di questa ricerca – questi scenari non sono ancora disponibili.

Per questo motivo nella ricerca è stato necessario lavorare basandosi su delle *proxy*: approssimazioni, quindi, di quello che potrà accadere alla rete del trasporto pubblico di Roma. Un esempio sono gli eventi estremi, in particolare piogge intense e ondate di calore, che possono mostrare le vulnerabilità della rete nel suo complesso e del parco mezzi. Per quanto riguarda il traffico pubblico e privato a Roma, la pioggia è un annoso problema: a prescindere dall'intensità, le precipitazioni causano uno spostamento modale dai ciclomotori e dai trasporti pubblici all'automobile che, occupando molto più spazio a parità di persone trasportate, genera traffico intenso e congestione. Anche l'aumento delle temperature ha effetti sul funzionamento della città: le ondate di calore, in particolare nel 2003 e nel 2012 hanno colpito la salute di anziani e bambini, oltre a rendere poco confortevole il viaggio sui mezzi pubblici affollati e surriscaldati.

È chiaro che il clima che cambia costringe a usare prospettive di lungo periodo, familiari per il pianificatore territoriale ma meno per i non esperti in materia. Banister & Hickman (2014) ricordano che, oltre a non sapere con certezza in che forma avverranno i cambiamenti climatici, allo stesso tempo non sapremo con quali forme di mobilità avremo a che fare tra diversi decenni. Per questo sarebbe auspicabile immaginare quali potranno essere sviluppi futuri della rete di trasporto pubblico di Roma in una prospettiva di adattamento, cioè di quali saranno gli sviluppi del trasporto pubblico della città in un contesto di cambiamenti climatici. Ci si può chiedere per esempio se l'espansione dell'aeroporto di Fiumicino in una zona recentemente bonificata, quindi suscettibile di allagamenti in caso di piogge intense, sia opportuna. Allo stesso modo si può prefigurare lo sviluppo di modi di trasporto flessibili ed efficienti in caso di potenziali disservizi sulla rete. Inoltre sarà necessario ragionare sulla costruzione di infrastrutture: visto che sono pensate per durare decenni, bisogna interrogarsi su come sarà il territorio in futuro. Per esempio, una nuova galleria ferroviaria sarà sufficientemente ventilata e allo stesso tempo protetta dagli allagamenti? Si ritiene però che questi ragionamenti vadano al di fuori di quello che può essere fatto nei tre anni di una ricerca dottorale, ma che in ogni caso rappresentino delle prospettive di ricerca interessanti da sviluppare ulteriormente.

Quello che invece questa ricerca vuole essere e trasmettere è uno studio sugli effetti dei cambiamenti climatici sulla rete del trasporto pubblico di superficie. Il lavoro di analisi e rielaborazione dei dati forniti dall'Atac è stato molto consistente e ha preso diversi mesi. Si è trattato di un lavoro mai fatto prima, attraverso il quale chi scrive ha trasposto su mappa le segnalazioni di disservizi, deviazioni, guasti e altri problemi dovuti a eventi meteorologici sulle linee del trasporto pubblico di superficie e Roma. In questo modo è stato possibile avere una solida base di dati che dimostra quali sono i punti e le linee che hanno maggiori problemi durante episodi meteorologici, anziché fare affidamento sull'aneddotica, come troppo spesso accade. In questo senso si può interpretare il lavoro prodotto in questa tesi come una forma di *evidence-based policy*

*making*, che nel lavoro di Stol (2009) viene così definita: le decisioni basate su prove fattuali mirano a raggiungere obiettivi che dovrebbero a loro volta essere misurati secondo le stesse prove su cui le decisioni erano originariamente basate.

In questo modo si possono immaginare, ed è questo lo scopo ultimo di questa tesi, interventi di adattamento sia puntuali, sia sistemici. Un esempio è l'integrazione delle infrastrutture verdi nella rete di trasporto pubblico, per esempio attraverso l'installazione di pensiline verdi, l'aumento delle alberature lungo vie e corsie protette, la sostituzione dell'asfalto per avere binari tramviari inerbati. Altro intervento è il rinnovo del parco mezzi con veicoli poco inquinanti e meno suscettibili alle ondate di calore. Un esempio di approccio maggiormente sistemico consiste nella creazione di un sistema che avvisi gli utenti del trasporto pubblico prima di eventi meteorologici estremi, permettendo quindi ai viaggiatori di pianificare il proprio viaggio con maggiore cautela e di scegliere delle alternative di spostamento.

Questo approccio viene portato avanti nella convinzione che basti poco per raggiungere buoni, se non ottimi, risultati nell'adattamento ai cambiamenti climatici. Chi scrive è fermamente convinto che il buon senso e la regolare manutenzione potrebbero fare già molto per ostacolare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici. Basti pensare all'accumulazione di foglie secche nei primi mesi autunnali lungo le strade della città o all'ostruzione dovuta alle foglie stesse o allo sporco dei tombini che causa allagamenti durante le prime piogge. La buona manutenzione della città potrebbe ridurre, se non eliminare, questo genere di problemi. Si potrà obiettare che la buona manutenzione dovrebbe essere data per scontata in una capitale moderna, e che invece servono rivoluzioni nella gestione dei trasporti e della città. La realtà dei fatti purtroppo porta a evidenziare che spesso le decisioni di buon senso non sono state prese nell'amministrazione di Roma. Per questo anche interventi di questo genere possono fare molto e sono i benvenuti.

### 2.1.2. Cambiamenti climatici, città e trasporti

È necessario comprendere l'importanza della mobilità e per estensione del trasporto pubblico locale (TPL) per il funzionamento della città, nonché sottolineare la necessità per i sistemi urbani di adattarsi di fronte ai cambiamenti climatici che sono ormai considerati inevitabili.

Gli spostamenti all'interno di una città sono fondamentali affinché – per esempio – avvengano incontri, si facciano acquisti, si concludano affari. La garanzia dei movimenti di persone e cose sta quindi alla base del funzionamento delle società urbane. A prova di questo, nonostante la globalizzazione dell'economia e della società e l'ampia informatizzazione delle transazioni, le città mantengono il loro ruolo di luoghi di scambio in cui avviene la maggior parte della produzione della conoscenza. L'esistenza di ambiti decontestualizzati "rende necessari specifici spazi di ricontestualizzazione (...) [:] le grandi città" (Vicari Haddock, 2004, p. 74). Altri autori hanno messo in evidenza il ruolo fondamentale della città come luogo delle relazioni. Per esempio Sassen nei suoi studi sulle città globali ricorda che esse guadagnano un ruolo fondamentale nella globalizzazione, nel cui ambito gli stati nazionali perdono potere: la città "[è] uno

spazio del globale e si aggancia direttamente al globale, spesso aggirando il nazionale” (2007, p. 100). Inoltre, riprendendo quanto affermato da Vicari Haddock più sopra, Sassen illustra l’importanza delle città come luogo di incontro, affermando che “[l]a vicinanza fisica si rivela chiaramente un vantaggio: data l’esigenza di tempi rapidi e la complessità delle operazioni, le transazioni dirette sono spesso più efficienti e meno costose delle telecomunicazioni” (*ibid.*, p. 223). Più recentemente Glaeser rimarca l’importanza della città come spazio delle persone, in cui è fondamentale la vicinanza. Infatti, “[c]ittà vuol dire assenza di spazio fisico tra le persone e le aziende. Le città sono prossimità, densità, vicinanza. Esse ci consentono di lavorare e di giocare insieme, e il loro successo dipende dall’esigenza di connessione fisica” (2011, introduzione).

Parlando di mobilità, i modi di trasporto pubblici rivestono una funzione fondamentale perché sono maggiormente sostenibili rispetto alle automobili e ai motocicli. Escludendo la mobilità lenta (pedoni e biciclette) pensata per tragitti di corto raggio, per gli spostamenti a più ampia scala il TPL riesce infatti a garantire l’efficienza energetica – uno degli obiettivi fondamentali del trasporto sostenibile (Banister, 2005) – perché sposta più persone contemporaneamente e usa fonti energetiche rinnovabili più frequentemente dei modi di trasporto privati.

La ricerca è inquadrata in un contesto di pianificazione e politiche urbane perché, come detto sopra, è nella città che la promozione della mobilità pubblica trova il suo senso.

Infatti, la città non è organizzata per compartimenti stagni, quindi non è possibile prescindere dai temi della pianificazione urbanistica nell’affrontare questioni legate ai trasporti. Glaeser (2011, introduzione), afferma, infatti, che “[l]e tecnologie del trasporto hanno sempre determinato la forma urbana”. L’autore spiega che la disposizione delle strade è influenzata dalla modalità di trasporto prevalente: strade strette e fitte dove ci si sposta a piedi, larghe e regolari dove prevale il treno, ampie e senza marciapiede dove la macchina è padrona.

Come accennato in precedenza, esiste una vasta letteratura che si occupa del rapporto tra azioni di contrasto ai cambiamenti climatici e pianificazione territoriale. Infatti, in molti ritengono che la disciplina urbanistica sia fondamentale nel perseguire azioni di mitigazione e adattamento (per esempio Biesbroek *et al.*, 2009; Davoudi, 2009).

I primi evidenziano come l’approccio multidisciplinare e di coordinamento della pianificazione territoriale sia utile per gestire i cambiamenti climatici, ferma restando l’importanza delle azioni nei singoli settori. Nel campo specifico dell’adattamento, Davoudi indica quali azioni possono essere sostenute attraverso la pianificazione del territorio: per esempio evitare di costruire insediamenti in aree inondabili o promuovere lo sviluppo di infrastrutture verdi. Gli stessi tipi di mutamenti climatici indicati sopra per le infrastrutture possono generare impatti sulla città.

Per confermare ulteriormente l’integrazione fra trasporti e territorio è necessario ricordare che le infrastrutture fanno parte a tutti gli effetti del territorio e che la loro manutenzione fisica è regolata e normata da norme urbanistiche. Infatti la larghezza minima di una strada e altre caratteristiche sono normate a livello locale da regolamenti urbanistici, da norme tecniche di attuazione o da altri dispositivi giuridici,

a dipendere dalla legge urbanistica vigente. L'adattamento di un'infrastruttura può quindi essere regolato con norme urbanistiche. Nel caso romano, come viene spiegato meglio più avanti, le scale di ingresso di una stazione della metropolitana sono state rialzate per evitarne l'allagamento durante piogge intense. Seguendo questo esempio potrebbe essere un'utile norma urbanistica quella che preveda che sia obbligatorio costruire ingressi rialzati delle stazioni della metropolitana nelle zone allagabili della città.

### 2.1.3. Mitigazione e adattamento nei trasporti

Diversi rapporti scientifici hanno evidenziato l'inevitabilità dei cambiamenti climatici, più recentemente il quinto rapporto IPCC, pubblicato in tre parti tra la fine del 2013 e i primi mesi del 2014: base scientifica (IPCC, 2013), adattamento (IPCC, 2014a), mitigazione (IPCC, 2014b).

In risposta ai cambiamenti climatici si possono intraprendere azioni di mitigazione e di adattamento. Le prime, volte a contrastare l'emissione di gas serra e l'uso di fonti di energia non rinnovabile, sono state a lungo quelle a cui si è fatto più ricorso e sulle quali la comunità scientifica ha concentrato i propri sforzi. Dopo che si è compreso che la mitigazione non sarebbe servita da sola ad arrestare i cambiamenti climatici, negli ultimi anni ha trovato spazio anche l'adattamento. Le azioni di questo tipo consistono nella riduzione dei possibili impatti che i cambiamenti climatici potranno avere sull'uomo, le sue attività e le sue costruzioni.

La distinzione tra azioni di mitigazione e adattamento è necessaria anche quando si affrontano i cambiamenti climatici da una prospettiva legata alla promozione e alla gestione dei modi di trasporto pubblici. L'attenzione del mondo scientifico è ancora adesso concentrata soprattutto sulle prime, agendo in particolare sul controllo delle emissioni di gas serra e sul sostegno a mezzi che usano fonti energetiche rinnovabili (Marsden & Rye, 2010).

Dal punto di vista dell'adattamento si è invece agli stadi iniziali, con una letteratura ancora da sviluppare pienamente. È qui che questa tesi vuole concentrarsi, in particolare nella ricerca di possibili azioni e politiche di adattamento nel settore dei trasporti pubblici. Che si tratti di pratiche di buona gestione del sistema dei trasporti e delle infrastrutture o di interventi strutturali, è interessante per chi scrive capire come far funzionare il sistema dei trasporti pubblici in un clima che cambia e di fronte a eventi estremi sempre più frequenti.

In sintesi, la ricerca vuole tenere insieme due punti di vista apparentemente distanti ma interconnessi. Da un lato la necessità di sostenere un sistema di trasporti pubblici urbani per il buon funzionamento delle città, dall'altro l'inevitabilità dei cambiamenti climatici che porteranno le società e le loro strutture ad adattarsi. Ne consegue che, per funzionare in un clima diverso da quello attuale e in caso di eventi estremi sempre più frequenti, i trasporti pubblici dovranno essere attrezzati e gestiti in nuovi modi o semplicemente portando avanti buone pratiche già note o in atto.

## 2.2. Griglia interpretativa e domanda di ricerca

Questo paragrafo contiene la domanda principale di ricerca, che guida il lavoro fatto per la tesi. Accompagna questo fondamentale dispositivo di ricerca la griglia interpretativa, che aiuta a strutturare ulteriormente a partire dalla domanda principale lo sviluppo della tesi attraverso l'indicazione di temi principali e la formulazione di cinque sotto-domande di ricerca che meglio specificano gli obiettivi della tesi.

### 2.2.1. Domanda di ricerca

Nello specifico, la domanda principale di ricerca è:

- *Come Roma può gestire e migliorare il proprio sistema di trasporto pubblico di fronte ai cambiamenti climatici?*

Come è subito esplicitato nel testo, la ricerca mira a rispondere a questa domanda attraverso lo studio del caso di Roma. In particolare è necessario comprendere come adattare la città e la sua rete di trasporto pubblico di superficie ai cambiamenti climatici, sia conoscendo le sue peculiari vulnerabilità, sia seguendo l'esempio delle città straniere che si trovano in situazioni simili. Attraverso la tesi si vuole comprendere come funzionano i trasporti durante gli eventi meteorologici estremi, dando una localizzazione agli effetti di questi eventi sulla rete di trasporto pubblico di superficie, in modo da immaginare dove sia necessario intraprendere azioni di adattamento, di quale tipo e in che modo. È fondamentale riuscire a mantenere l'equilibrio tra azioni di adattamento e ricerca di soluzioni sostenibili per il sistema di trasporti.

Per cercare di rispondere alla domanda di ricerca è utile organizzare le sotto-domande e i temi che ne derivano in una griglia interpretativa, illustrata di seguito.

### 2.2.2. Griglia interpretativa

La griglia interpretativa è intesa come un dispositivo di lettura e strutturazione della ricerca. Lo schema è organizzato collegando i temi della ricerca alle sotto-domande, illustrate specificamente più avanti. La griglia affronta le questioni principali per ciascuno dei temi che inquadrano questo lavoro di ricerca: i fondamenti teorici, le questioni legate all'adattamento nel settore dei trasporti, i temi del trasporto sostenibile, l'argomento del *policy transfer*. In particolare per quanto riguarda l'adattamento nell'ambito dei trasporti, il tema si approfondisce in tre sotto-questioni, come indicato da Mills & Andrey (2002): infrastrutture, operazioni e domanda. Questa suddivisione, quindi, fa distinzione tra argomenti legati al lungo (infrastrutture) e al breve periodo (operazioni e domanda).

Ovviamente, come tutte le classificazioni ideal-tipiche rischia di non cogliere tutte le questioni che i temi affrontati generano, ma ha lo scopo di mettere ordine tra i diversi concetti presenti nella tesi e aiutare a dirigere la ricerca nell'analisi del contesto romano.

Temi		Sotto-domande	
Teorie dell'adattamento		Vedi domanda principale	
Adattamento nel settore dei trasporti	Infrastrutture	1. Quali informazioni è necessario raccogliere per costruire una base conoscitiva per l'adattamento dei sistemi di trasporto pubblico?	2. Come adattare le infrastrutture di trasporto?
	Operazioni		3. Come gestire il sistema dei trasporti, le operazioni e la domanda di trasporto di fronte ai cambiamenti climatici?
	Domanda		
Trasporto sostenibile		4. Come il trasporto sostenibile contribuisce all'adattamento?	
Policy Transfer		5. Come trasporre politiche di trasporto da un contesto all'altro?	

### 2.2.3. Sotto-domande di ricerca

La prima sotto-domanda ha la funzione di stabilire le fondamenta del lavoro di ricerca. Infatti, costituire una base conoscitiva è necessario per valutare come affrontare i cambiamenti climatici, in particolare per quanto riguarda il *case study* di Roma. Le informazioni vengono principalmente dai dati forniti dall'Atac. Inoltre le conoscenze sulla vulnerabilità climatica di Roma raccolte nei primi documenti della CVCR di Roma, alla quale chi scrive ha collaborato hanno una funzione di base nella ricerca.

La seconda sotto-domanda esamina il tema, centrale perché maggiormente rispetto ad altri affrontato nella letteratura, dell'adattamento delle infrastrutture di trasporto. Gli interventi di adattamento delle infrastrutture devono prima di tutto riguardare l'esistente con interventi di *retrofitting* e *climate-proofing*: si tratta cioè di applicare modificazioni che rendano le infrastrutture in grado di affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici, a essere in poche parole a prova di clima. Inoltre, le infrastrutture future devono essere fin dall'inizio progettate in modo da renderne possibile l'adattamento ai cambiamenti climatici: gallerie che favoriscano la ventilazione e il drenaggio, ponti più alti e resistenti a piene più intense, e via dicendo.

Se con le infrastrutture si lavora in una prospettiva di lungo periodo, l'adattamento dei trasporti in termini di operazioni e domanda si gestisce guardando al breve periodo. Da una parte, la gestione delle operazioni deve essere migliorata in modo da mantenere in funzione il sistema di trasporto pubblico in futuro. Nuove centrali operative, per esempio, saranno utili per gestire il funzionamento del sistema durante gli eventi estremi. Dall'altra, studiare il funzionamento della domanda di trasporto durante gli eventi estremi può essere utile per comprendere come la domanda cambierà in futuro. È necessario riuscire a mantenere la ripartizione modale durante gli eventi estremi agli stessi livelli della ripartizione modale in situazioni meteorologiche favorevoli. In altre parole bisogna fare in modo che gli utenti del trasporto pubblico non siano costretti a usare modi di trasporto privati o a non viaggiare del tutto perché le condizioni meteorologiche sono sfavorevoli e i mezzi pubblici non sono in grado di viaggiare.

Con la quarta sotto-domanda si passa a discutere di una questione non scontata: il contributo del trasporto sostenibile all'adattamento ai cambiamenti climatici. La

sostenibilità è implicitamente legata alla mitigazione, particolarmente quando si parla di trasporti: al di là delle considerazioni trasportistiche, una linea di tram è più sostenibile di una linea di autobus prima di tutto perché consuma meno combustibili fossili. Le metropolitane sono necessarie per migliorare gli spostamenti in alcune aree della città, ma non sono le uniche infrastrutture di cui la città nel suo complesso ha bisogno. I tram hanno vissuto nell'ultimo decennio una rinascita, in Europa e in Italia, che ha seguito un periodo in cui in molte città le reti erano state gradualmente smantellate a partire dal secondo dopoguerra. Oltre al tram bisogna anche aggiungere sistemi di Bus Rapid Transit (BRT), autobus che transitano esclusivamente in corsia preferenziale. Questo modo di trasporto è stato sperimentato con successo in diverse città dell'America del Sud e della Cina (Curitiba, Bogotá, Guangzhou, per citarne alcune), mentre ha avuto limitata applicazione in Europa (Île-de-France, Cambridgeshire, Strasburgo). Questo probabilmente accade perché i tram sono visti come una soluzione più spendibile politicamente, mentre gli autobus sono percepiti negativamente dalla popolazione.

La scelta di includere un approfondimento sul *policy transfer* è necessaria per giustificare l'uso di esempi provenienti da contesti stranieri all'interno della tesi. Le questioni legate al trasferimento di esperienze da un contesto a un altro hanno spinto chi scrive a decidere di concentrarsi su un solo *case study*, allo stesso tempo attingendo da altri esempi senza elevarli ad ulteriori casi da analizzare. Infatti sebbene i contesti stranieri possano fornire utili spunti, lo studio della letteratura sul *policy transfer* dimostra che è difficile trasferire tout court un esempio da un contesto all'altro, soprattutto per una differenza di sistema di *governance*. È possibile però trarre ispirazione dai progetti ritenuti più utili e immaginare soluzioni simili per il contesto capitolino.



### 2.3. Rassegna della letteratura

Questo paragrafo illustra la letteratura di riferimento del campo tematico della ricerca, con una suddivisione che riprende, ma non del tutto, i temi indicati nella griglia interpretativa.

#### 2.3.1. Introduzione

Attualmente esistono tre contributi relativamente recenti, di cui l'ultimo appartenente alla *grey literature*, che sistematizzano la letteratura sull'adattamento nel settore dei trasporti (Koetse & Rietveld, 2009; Eisenack *et al.*, 2011; Aparicio *et al.*, 2013). Gli autori di tutti i contributi sono concordi nell'affermare che la letteratura deve essere ulteriormente sviluppata. Inoltre, rilevano la necessità di studi che da una parte si concentrino su strumenti di adattamento abbastanza generici per facilitarne l'attuazione (Eisenack *et al.*, 2011) e dall'altra si occupino della manutenzione delle infrastrutture e le operazioni (Aparicio *et al.*, 2013). Questi ultimi evidenziano infine la necessità di una maggiore collaborazione tra studiosi dei cambiamenti climatici ed esperti di trasporti.

L'analisi della letteratura è strutturata sulla base dei temi indicati nella griglia interpretativa descritta nel paragrafo precedente. Innanzitutto i temi teorici, che si sintetizzano nel riconoscere e affrontare i temi dell'incertezza nella previsione dei cambiamenti climatici, della *actor-network theory* e del *evidence-based policy making*. Per quanto riguarda il settore dei trasporti, è possibile distinguere i temi nei seguenti ambiti (Mills & Andrey, 2002): l'adattamento delle infrastrutture, delle operazioni di trasporto, della domanda di trasporto. Nonostante la distinzione proposta in letteratura, per una migliore strutturazione della letteratura preferiamo distinguere tra temi di lungo e breve periodo. Quest'ultimo include anche l'argomento della promozione del trasporto sostenibile. Chiude la rassegna della letteratura la discussione sui temi del *policy transfer* e delle buone pratiche.

#### 2.3.2. Riferimenti teorici sull'adattamento

Nell'ambito dell'adattamento in generale esistono dei contributi che affrontano l'argomento da un punto di vista teorico. Basi di questo genere sono utili per interpretare al meglio le azioni nel campo dell'adattamento. Ad esempio è necessario comprendere quale sarà la dimensione dei cambiamenti climatici. Va in questa direzione il tentativo di *normalizzare* l'adattamento (Dovers, 2009), intendendo con ciò la questione di come i *policy maker* debbano interpretare la grandezza e la gravità dei cambiamenti climatici. È possibile, infatti, adottare un approccio più ottimista, ritenendo che la variabilità del clima sarà gestibile perché simile a quella affrontata finora. Un'altra possibilità prevede un mutamento più esteso ma comunque affrontabile con i mezzi attuali, mentre l'ultima opzione prefigura la necessità di un adattamento a cambiamenti mai immaginati prima.

È inoltre necessario comprendere la dimensione euristica dell'adattamento ai cambiamenti climatici (Preston *et al.*, 2013). Sono analizzate criticamente otto

euristiche, cioè quelle che sono ritenute le principali regole di *framing* dell'adattamento. Secondo ciascuna, l'adattamento è: nuovo; locale; *no regrets*, vale a dire senza rimpianti; urgente; comprende pratiche di partecipazione; agisce in modo da prevedere e rispondere; reattivo; mirato al rischio residuo.

**Table 1** Adaptation heuristics explored in the current study as well as the characteristics used for classifying content from the adaptation literature as endorsing or critiquing a given heuristic

Heuristic	Endorse	Critique
Adaptation is Novel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation is a policy or research challenge with which individuals, organizations and/or institutions have little experience</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation is an inherent characteristic of human behavior</li> <li>Individuals and organizations have an extensive history of adjusting to variability and changes in weather and climate</li> </ul>
Adaptation is Local	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation needs, planning, and implementation are dictated by processes at the local level</li> <li>National and international organizations and institutions are not, or should not, be directly engaged in adaptation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation requires collaboration among multiple actors at different scales</li> <li>Local adaptation influences and/or is influenced by adaptation actions at other scales</li> </ul>
No Regrets Adaptation	<ul style="list-style-type: none"> <li>No regrets and/or win win adaptation options are a desirable starting point for adaptation planning and implementation</li> <li>No regrets options can be identified that facilitate the implementation of robust adaptation options</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Few adaptation options will be perceived as no regrets by all stakeholders</li> <li>Adaptation actions should be evaluated based upon their efficacy with respect to achieving adaptation objectives</li> <li>There are limits to the effectiveness of no regrets options, particularly for high magnitudes of climate change</li> </ul>
Adaptation is Urgent	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation should be a priority consideration for individuals, organizations, and institutions</li> <li>Adaptation planning and implementation should proceed rapidly</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapid implementation of adaptation may increase the risk of maladaptation</li> <li>There may be value in delaying adaptation (i.e., real options)</li> </ul>
Participation in Adaptation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stakeholders are willing to participate in adaptation planning and implementation</li> <li>Stakeholder participation results in better adaptation outcomes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Not all stakeholders are willing to participate in adaptation planning and implementation</li> <li>Participation by stakeholders in decision-making doesn't necessarily result in better adaptation outcomes</li> </ul>
Predict and respond	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investments in science and assessment will reduce uncertainty about the future</li> <li>Knowledge about future conditions and trends will enable decision-making regarding adaptation policies and measures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Future conditions are associated with some degree of irreducible uncertainty</li> <li>Adaptation planning and implementation can be pursued despite uncertainty about the future</li> </ul>
Reactive Adaptation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reactive and/or autonomous adaptation is less efficient and more costly than planned adaptation</li> <li>Planned adaptation should be implemented preferentially to reactive adaptation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reactive adaptation is important for reducing future vulnerability, particularly under conditions of high uncertainty</li> <li>Reactive adaptation can be efficient and cost-effective</li> <li>Reactive and anticipatory adaptation are both important for a robust adaptation response</li> </ul>
Residual Risk	<ul style="list-style-type: none"> <li>The utility of adaptation lies in its ability to address the residual risk from climate change after accounting for greenhouse gas mitigation efforts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation efforts have societal and/or ecological benefits independent of mitigation efforts</li> </ul>

Fonte: Preston *et al.* (2013)

Oltre a elencare le principali caratteristiche di ciascuna euristica, gli autori ne calcolano la presenza all'interno della letteratura sull'adattamento e la percentuale di articoli e documenti in sostegno, disaccordo o neutrali. Come è possibile vedere dall'immagine sotto, in sei casi su otto il consenso sulle euristiche è molto alto e va allo stesso tempo notata l'incidenza di documenti che risultano indifferenti alla regola, senza sostenerla, né criticarla. È invece piuttosto bassa la percentuale di scritti che si ritengono in disaccordo con le affermazioni principali legate all'adattamento.

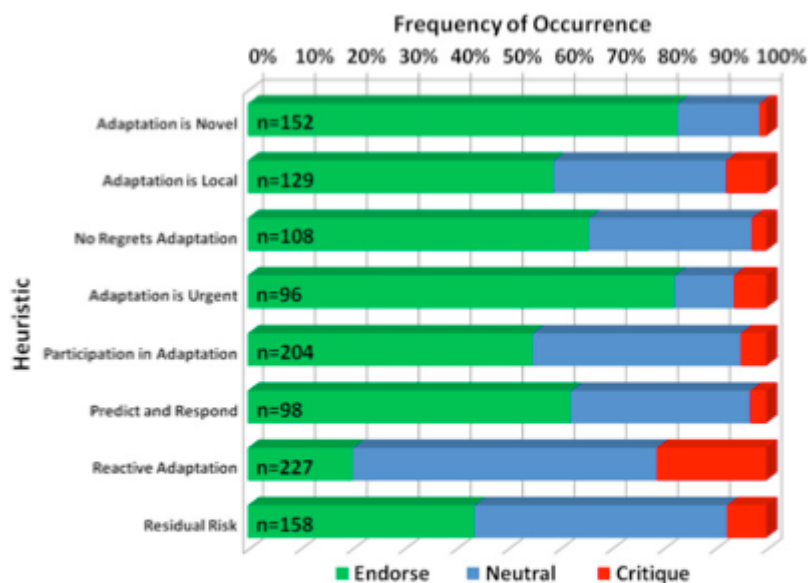


Fig. 1 Frequency with which language associated with different adaptation heuristics appeared in the Google Scholar™ internet search engine (see Appendix Tables 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 for additional details on search criteria). Stacked bars associated with each heuristic represent the percentage of identified documents classified (based upon characteristics in Table 1) as endorsing, critiquing or neutral with respect to that heuristic

Fonte: Preston *et al.* (2013)

È anche per questo che secondo gli autori è necessario che le euristiche siano messe maggiormente in discussione per essere migliorate e che si debba integrare di più la scienza e la pratica.

Dal punto di vista teorico è utile tenere conto delle posizioni di Bruno Latour, che ha sviluppato la Actor-Network Theory (ANT) e ha di conseguenza introdotto gli attori non umani nel dibattito teorico. Nell'ambito di questo lavoro di ricerca i cambiamenti climatici, le infrastrutture e i diversi modi di trasporto entrano in gioco come attori non umani.

L'elevazione degli attori non umani allo stesso livello degli attori umani ha portato Latour a immaginare un parlamento delle cose, nel quale i primi e i secondi siedono alla pari. Oggi questo è sempre più vero (Latour, 1993 in Latour 2011), come dimostrano da una parte i movimenti ecologisti e animalisti e dall'altra gli studiosi e i governi che si preoccupano di contrastare i cambiamenti climatici e lo sviluppo sostenibile.

La lettura dei temi dei cambiamenti climatici attraverso la ANT è anche l'oggetto di un lavoro di Mayer (2012). Come Preston e colleghi prima, l'autore analizza il *framing* dei mutamenti climatici, che passano da essere concepiti come una modificazione lineare delle condizioni a essere letti in maniera emergenziale come cambiamenti climatici caotici. Nella sua analisi inoltre l'autore legge il passaggio da mitigazione ad adattamento come spostamento verso concetti catastrofisti e orientati al mantenimento della sicurezza, riducendo la priorità delle azioni di mitigazione in favore di opzioni di adattamento e resilienza.

Come accennato all'inizio di questo capitolo, questo lavoro di ricerca si sviluppa in una prospettiva di *evidence-based policy making*. La teoria a riguardo indica che dietro a scelte di politiche pubbliche devono stare ricerche solide, basate su prove, quindi che la ricerca scientifica in senso lato debba sostenere le politiche di un'amministrazione (Weiss *et al.*, 2008; Kay, 2011).

### 2.3.3. Adattamento nel settore dei trasporti: lungo periodo

I cambiamenti climatici sono un processo a lunga scadenza, quindi pongono questioni di lungo periodo. Il fatto che le infrastrutture siano costruite per durare decenni le rende particolarmente sensibili ai cambiamenti climatici. Per questo una grande parte della letteratura sviluppata negli ultimi anni tende naturalmente a collocarsi in questo ambito. Nei contributi che riguardano le infrastrutture è preponderante una prospettiva legata ai temi dell'ingegneria e ai modelli matematici. L'urbanista che affronti questi temi rischia quindi di deviare in un campo poco consono ai suoi interessi. Con i dovuti *caveat* è però possibile guardare a questo insieme di testi da cui non è possibile prescindere, dato che l'adattamento comprende anche questo tipo di interventi.

Gli articoli e documenti che afferiscono a questo ambito riguardano l'analisi dei rischi e dei possibili impatti dei mutamenti attraverso, per esempio, l'uso di modelli e di software GIS (Cai *et al.*, 2007; DOT & ICF, 2008; Cheng *et al.*, 2008). Una parte dei documenti di politiche e dei piani invece affrontano in maniera generale lo studio di tutti gli impatti e di tutte le opzioni di adattamento ai cambiamenti climatici, rappresentando spesso documenti di intenti (HM Government, 2010; Mayor of London, 2005; Holper *et al.*, 2007).

Facendo una distinzione sotto-tematica, i documenti oggetto della rassegna si occupano di:

- impatti e modellizzazione, vale a dire studi che si basano sull'elaborazione di dati satellitari, misurazione delle temperature, *downscaling* di scenari di cambiamenti climatici (Wright *et al.*, 2012; Kirshen *et al.*, 2008b; Kleinosky *et al.*, 2007; Sovacool, 2011; 2012);
- studio di contesti nazionali e urbani, cioè la scala degli ambiti di studio (RAE, 2011; NRC, 2008; Cochran, 2009; Lindgren *et al.*, 2009; Jollands *et al.*, 2007);

- analisi dei costi dell'adattamento, che si fonda su studi economici e finanziari delle infrastrutture (Chinowski *et al.*, 2013; Larsen *et al.*, 2008; Hallegatte *et al.*, 2011).

Un recente documento sull'adattamento prodotto dalla Commissione Europea (2013) dà una definizione completa di infrastruttura:

The term "infrastructure" usually refers to physical assets in a wider range of policy areas, including communications, emergency services, energy, finance, food, government, health, education, civil protection, transport or water (EC, 2013, p.4).

Si tratta di una descrizione ampia che comprende gli edifici e le infrastrutture a rete, che a loro volta includono quelle per l'energia, il trasporto, l'informatica e l'acqua. Secondo questa definizione la rassegna intende ordinare documenti e contributi, ricordando che la letteratura analizzata è molto squilibrata verso le infrastrutture di trasporto. Giova inoltre ricordare in questa sede che i principali mutamenti climatici che potranno generare impatti significativi sulle infrastrutture sono: l'aumento delle temperature, la variazione della quantità di precipitazioni, l'innalzamento del livello del mare (Caserini & Pignatelli, 2009) e l'aumento della frequenza e della gravità degli even meteorologici estremi (Mills & Andrey, 2002).

La questione degli impatti dei cambiamenti climatici è centrale per molti documenti, anche se spesso non riguarda singolarmente un particolare evento, poiché gran parte dei contributi riguarda l'adattamento delle infrastrutture in generale.

Ad esempio il lavoro di Cai *et al.* (2007) propone un approccio di studio per calcolare l'estensione e la profondità dell'allagamento stradale, determinando l'entità dell'alluvione e individuando le aree allagate lungo i tratti delle strade che attraversano le aree alluvionate. Il tema delle strade torna in un articolo che studia la vulnerabilità dei ponti rispetto alle esondazioni dei fiumi (Wright *et al.*, 2012). Lo studio si basa sull'analisi di tre scenari di cambiamenti climatici fondati su altrettante emissioni di gas serra e individua quali potranno essere vulnerabili nel futuro secondo lo scenario prospettato. Un articolo riguarda le alluvioni dovute all'innalzamento del livello del mare nell'area metropolitana di Boston (Kirshen *et al.*, 2008b). Il rischio è dovuto alle ondate di piena generate dalle tempeste (*storm surge*). Lo studio prevede due scenari di innalzamento del livello del mare, uno scenario *baseline* e quattro possibilità di adattamento: per ciascuna di queste si ipotizzano gli impatti e le azioni adattative. Uno studio di DOT e ICF (2008) propone una metodologia per l'analisi dell'impatto dell'innalzamento del livello del mare sulle infrastrutture di trasporto.

Un altro articolo studia l'area di Hampton Roads in Virginia (Kleinosky *et al.*, 2007). Gli autori individuano le zone a rischio di allagamento dovuto a *storm surge* sovrapponendo i dati sugli uragani con il modello digitale di elevazione (DEM). Un altro documento (Sheng & Wilson, 2009) riguarda le alluvioni nell'area di Los Angeles. L'articolo dimostra un legame tra l'aumento del rischio di alluvione e l'aumento della popolazione nei distretti idrografici analizzati, probabilmente dovuto all'aumento della superficie impermeabile. Il rischio di alluvioni nell'area di Mumbai è al centro di un articolo sugli impatti economici (Ranger *et al.*, 2011). Gli autori valutano l'adattamento

attraverso l'individuazione delle vulnerabilità del contesto, la quantificazione dei rischi e l'identificazione delle opzioni di adattamento.

Due studi (Sovacool, 2011; 2012) affrontano il tema dell'innalzamento del livello del mare nelle Maldive. L'articolo meno recente propone due strategie di adattamento: una *soft*, basata su infrastrutture verdi, interventi flessibili, coinvolgimento della cittadinanza; una *hard* caratterizzata da infrastrutture artificiali, interventi poco flessibili, grandi impatti sulla cittadinanza. L'altro contributo riguarda un programma di adattamento che integra i rischi climatici nelle scelte di pianificazione.

Il mantenimento del permafrost sul fondo dei binari della ferrovia Qinghai-Tibet è al centro di uno studio (Cheng *et al.*, 2008) che descrive l'uso di sistemi di raffreddamento del sedime ferroviario per evitare gli impatti dell'innalzamento delle temperature sulla solidità del terreno. Il cedimento dei binari è l'oggetto di un articolo che ne studia gli effetti sulla rete ferroviaria del sud-est dell'Inghilterra (Dobney *et al.*, 2009). Lo studio analizza la correlazione tra alte temperature e ritardi dei treni e ne calcola i costi.

Altri contributi sull'adattamento si differenziano per il contesto studiato, a livello nazionale e urbano.

Lo stato del Victoria in Australia è l'oggetto di uno studio sulla valutazione del rischio per le infrastrutture (Holper *et al.*, 2007). Sono valutate tutte le infrastrutture: acqua, energia, telecomunicazioni, trasporto, edifici. Lo studio propone due scenari di cambiamenti climatici a partire dai quali sono valutati i rischi per ciascuna infrastruttura.

Un altro documento studia l'adattamento delle infrastrutture in Inghilterra (HM Government, 2011) che afferiscono a quattro settori: energia, telecomunicazioni, trasporto acqua. Il contributo descrive i motivi per intraprendere azioni di adattamento e le opportunità legate all'adattamento, presenta i casi di successo dal mondo, mostra le sfide da affrontare, espone le interdipendenze tra settori ed elenca le possibili azioni di adattamento. La Royal Academy of Engineering (RAE, 2011) affronta l'adattamento delle infrastrutture in quattro ambiti: energia, trasporto, comunicazioni, acqua. Per ciascuno di essi sono elencati gli impatti, le opzioni di adattamento e le interdipendenze. L'adattamento nei singoli settori è approfondito in specifici report contenuti in appendice. Le infrastrutture di trasporto sono l'oggetto di uno studio (Mills & Andrey, 2002) sugli impatti legati alle variazioni di temperatura, del livello del mare e alle precipitazioni in Canada. Il documento analizza i possibili effetti sul trasporto in termini di sicurezza, mobilità, efficienza economica ed esternalità ambientali. Uno studio del NRC (2008) si occupa dell'impatto dei cambiamenti climatici sul trasporto statunitense. Il report descrive gli impatti, le sfide poste dall'adattamento e le opzioni di adattamento. È incentrato sulle infrastrutture di trasporto francesi uno studio che analizza la loro vulnerabilità rispetto ai cambiamenti climatici e le possibilità di adattamento (Cochran, 2009). Le opzioni proposte riguardano la pianificazione, le azioni fisiche di adattamento e la gestione della domanda. L'adattamento delle infrastrutture stradali in Scozia è affrontato da un report governativo (Galbraith *et al.*, 2005). La struttura è la seguente: introduzione al contesto climatico storico; studio

delle tendenze future dei cambiamenti climatici; analisi degli impatti sulle strade; raccomandazioni sulle azioni future. L'adattamento delle ferrovie in Svezia è al centro di un articolo (Lindgren *et al.*, 2009) che studia come il tema è gestito e percepito dall'amministrazione ferroviaria. Ne risulta che le ferrovie sono vulnerabili ai cambiamenti climatici e che lo stato dovrà migliorare le proprie azioni di adattamento. Esistono studi specifici sull'adattamento delle infrastrutture energetiche, come uno sugli impatti dei cambiamenti climatici sulla produzione e l'uso di energia negli Stati Uniti (Wilbanks *et al.*, 2008). Il report analizza gli impatti e dedica le conclusioni alla possibilità di individuare opzioni di adattamento e di ampliare le conoscenze sugli effetti del clima. La rete infrastrutturale elettrica del Regno Unito è oggetto di un articolo (McColl *et al.*, 2012). Gli autori valutano l'impatto dei cambiamenti climatici sull'infrastruttura attraverso l'analisi di dati storici ed elaborano proiezioni climatiche per comprendere se la frequenza dei danni alla rete dovuti a eventi atmosferici aumenterà.

Spostando lo sguardo sulle aree urbane è possibile osservare uno studio sull'adattamento infrastrutturale a Londra: un report sull'interazione tra il sistema di trasporti e i cambiamenti climatici (Mayor of London, 2005). Il documento descrive quattro casi studio locali di azioni di risposta ad altrettanti impatti. Nell'area metropolitana di Boston alcuni degli autori già citati sopra (Kirshen *et al.*, 2008a) hanno elaborato uno studio sulle interdipendenze degli impatti sul sistema infrastrutturale locale. Dopo un'analisi degli impatti su ciascun settore gli autori studiano le interdipendenze di questi ultimi e delle azioni di adattamento tra i diversi settori.

Scendendo di scala è di interesse uno studio che analizza l'impatto a lungo termine dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture di Hamilton in Nuova Zelanda (Jollands *et al.*, 2007). Gli autori hanno studiato i dati storici, sviluppato quattro proiezioni e prodotto cinque scenari. Gli impatti sono stati analizzati sia per singoli settori, sia per l'interdipendenza tra questi.

Un altro tema per cui si differenziano i contributi analizzati è l'analisi dei costi dell'adattamento.

A livello continentale uno studio (Chinowski *et al.*, 2013) si occupa dei costi dovuti all'adattamento delle strade in Africa. L'articolo analizza i costi totali e i costi opportunità per il continente africano. Dopo la creazione di un inventario delle strade, sono stati scelti sei modelli climatici per nazione da applicare allo studio degli stati stessi. Gli impatti calcolati sono gli effetti della pioggia e delle temperature. La determinazione dei costi prevede una politica con adattamento e una senza azioni. I risultati dimostrano il margine di risparmio con le politiche di adattamento rispetto a quelle in cui è assente, ma sottolineano la difficoltà economica legata all'alto costo di azioni che daranno effetti nel lungo periodo. L'Alaska è il contesto di un articolo sui costi per le infrastrutture (Larsen *et al.*, 2008). Combinando un modello dei cambiamenti climatici con uno di costo del ciclo di vita, gli autori stimano i costi dell'adattamento e formulano indicazioni per le ricerche future. Il costo degli impatti dell'innalzamento del livello del mare a Copenhagen è il tema di un articolo (Hallegatte *et al.*, 2011) che illustra una metodologia di valutazione economica. Si conclude che

senza adattamento i costi degli impatti sono molto alti e che la ricerca richiede approfondimenti.

#### 2.3.4. Adattamento nel settore dei trasporti: breve periodo

L'adattamento nell'ambito delle operazioni di trasporto genera questioni di gestione del sistema della mobilità. Infatti, le operazioni di trasporto concernono il funzionamento di questo sistema nella vita di tutti i giorni.

Gli impatti dei cambiamenti climatici influiscono in particolare sulle questioni che seguono (Mills & Andrey, 2002). Per prima cosa, un requisito fondamentale per il funzionamento dei sistemi di trasporto è la *sicurezza*. I danni alle infrastrutture possono causare deragliamenti ferroviari e altri incidenti dovuti a eventi meteorologici avversi. Se da un lato le temperature invernali potranno aumentare, con una conseguente riduzione complessiva di eventi meteorologici avversi dall'altro potrà aumentare la frequenza e l'intensità degli eventi estremi. In seconda battuta, il maltempo è causa di disservizi per la *mobilità* nel suo complesso, specialmente durante i mesi invernali. In alcune aree l'aumento delle temperature potrebbe portare dei benefici in termini di minori precipitazioni mentre in altre sono attesi aumenti delle precipitazioni. Quella dell'*efficienza* rimane una questione aperta perché, se da una parte le temperature in aumento riducono i costi di manutenzione delle strade in inverno, dall'altra li aumentano in estate. Lo stesso accade per quanto riguarda i consumi energetici, che sono in aumento durante l'estate per il condizionamento dei mezzi di trasporto e mentre sono in calo in inverno per il loro scongelamento. Infine, l'esistenza di *esternalità ambientali* positive o negative sarà influenzata dal modo in cui avverranno le operazioni di trasporto in futuro. Infatti, il cambiamento delle condizioni di dispersione atmosferica potrà influire negativamente sulla concentrazione degli agenti inquinanti. D'altro canto l'aumento delle temperature, che determina minori emissioni dovute al riscaldamento nel periodo invernale e la riduzione dell'uso di agenti chimici in caso di neve e ghiaccio, potrebbe avere effetti positivi sull'ambiente.

L'adattamento delle operazioni di trasporto comprende anche il mantenimento di infrastrutture ridondanti, cioè la garanzia collegamenti alternativi nel caso in cui, per esempio una strada sia interrotta. Promuovere la multimodalità è un passo in questa direzione, sostenuto anche attraverso politiche di mitigazione, perché un sistema composto di più modi di trasporto permette agli utenti di scegliere di volta in volta quale modo usare per spostarsi da un punto all'altro e in caso di interruzione di un servizio permette di scegliere un'alternativa. I limiti di questo approccio sono i costi di mantenimento di più infrastrutture rispetto a una sola e il rischio che le infrastrutture e i modi di trasporto ridondanti non offrano alternative in caso di grandi catastrofi (EEA, 2014).

In tema di domanda di trasporto le questioni sono principalmente di gestione degli spostamenti di persone e cose con il trasporto pubblico. In termini generali è necessario chiedersi come sarà una data rete di trasporto tra 50 anni e come sarà utilizzata (Jaroszweski *et al.*, 2010, p. 332). I temi su cui si concentrano i contributi messi in rassegna sono l'influenza dei mutamenti climatici sulle scelte modali e sulle



distanze percorse (Böcker *et al.*, 2013) e il rischio di incidenti stradali in condizioni meteorologiche critiche (Taylor & Philp, 2010).

In particolare, secondo gli autori citati sopra, la domanda di trasporto ai cambiamenti climatici è vulnerabile riguardo ai seguenti punti. Rispetto alle *precipitazioni intense*, che provocano uno spostamento modale dalla mobilità collettiva alla mobilità privata, con un conseguente aumento della congestione e del traffico. Inoltre, questi sono spesso tra le cause degli incidenti stradali perché la visibilità è ridotta e l'asfalto è bagnato. Riguardo alle *ondate di calore*, che hanno conseguenze sulla funzionalità e l'efficienza dei mezzi di trasporto a causa del riscaldamento del motore e dell'uso di sistemi di condizionamento che è all'origine dell'aumento di consumi energetici. Anche in questo caso si generano spostamenti modali consistenti.

È stato inoltre evidenziato come quattro aspetti connessi alla questione delle strategie di adattamento nel settore dei trasporti abbiano un ruolo importante (IPCC, 2014c): la manutenzione e la gestione di ciascuna infrastruttura; il rinforzo e la protezione dell'infrastruttura; la necessità di aumentare la ridondanza dei percorsi, vale a dire la sovrapposizione di più modi di trasporto lungo lo stesso percorso, in modo da mantenere delle alternative in caso di disservizio; il trasferimento degli insediamenti, nel caso in cui sia necessario.

Come accennato sopra, un sistema di trasporto pubblico funzionante è un prerequisito fondamentale per una città che funzioni in maniera efficiente anche di fronte alle sfide dei cambiamenti climatici. Infatti, nonostante questa ricerca sia concentrata sul versante dell'adattamento ai cambiamenti climatici, è chiaro che tutti gli interventi di mitigazione sono comunque necessari e consigliati.

La promozione del trasporto sostenibile e degli interventi di mitigazione non è semplice per i seguenti motivi, per esempio l'anticipazione di costi molto alti, la lentezza nella sostituzione dei materiali e la spesa legata alla modificazione o alla cancellazione di progetti infrastrutturali. Inoltre, non bisogna trascurare l'importanza simbolica del possesso di un veicolo in molte società, come per esempio quella italiana. Nell'attesa che le alternative diventino disponibili, le politiche pubbliche hanno un ruolo fondamentale nel semplificare le tecnologie e le pratiche poco inquinanti nel trasporto passeggeri e merci. Sono inoltre necessarie specifiche norme per l'adattamento e la resilienza delle infrastrutture di trasporto esistenti, oltre a una maggiore consapevolezza degli impatti. Infine, i co-benefici della mitigazione potranno compensare molti dei costi dell'adattamento – se non tutti (Farrag-Thibault, 2014).

Il fatto che i cambiamenti climatici siano inevitabili non deve essere una scusa per abbandonare gli sforzi di riduzione delle emissioni di gas serra e di sfruttamento delle fonti di energia non rinnovabili. In questa direzione vanno gli interventi di adattamento c.d. *low regret* che cioè consistono in azioni che contribuiscono all'adattamento senza vanificare gli sforzi di mitigazione. Un esempio in questo senso è presentato più avanti nel capitolo sugli interventi di adattamento a Roma.

Coordinare gli interventi di mitigazione e adattamento è fondamentale perché, oltre a far aumentare i costi di costruzione e di manutenzione, l'adattamento delle infrastrutture di trasporto farà uso di finanziamenti che potrebbero invece essere

utilizzati per espandere la rete di trasporto e aumentarne la capacità. Per esempio, se gli interventi di adattamento dovessero limitare lo sviluppo della rete ferroviaria in misura maggiore di quanto avviene per le infrastrutture stradali, questo potrebbe frenare lo spostamento modale verso servizi di trasporto meno inquinanti (IPCC, 2014c).

Si possono distinguere tre approcci all'adattamento: l'approccio *grey*, che consiste in interventi di difesa attivi o passivi e che prevedono la costruzione di nuove opere; gli interventi *green*, che prevedono lo sviluppo di infrastrutture verdi per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici; le azioni *soft*, che non prevedono interventi fisici ma lo sviluppo di politiche, come ad esempio una diversa ripartizione modale. Rispetto a quanto detto sopra, solo gli interventi sviluppati in base ad approcci *green* e *soft* rispettano una integrazione tra mitigazione e adattamento.

Una buona parte dell'attenzione degli studiosi e del pubblico è infatti concentrata sulle opzioni di mitigazione dei cambiamenti climatici, che sono fondamentali in un'ottica di adattamento e devono essere ancora adottate in molti casi.

Come esiste un'incertezza sulle forme di adattamento ai cambiamenti climatici, non sappiamo quale sarà lo stato della mobilità tra venti o quaranta anni, ma è necessario sviluppare strategie e stimolare dibattiti nelle città su questo tema (Banister & Hickman, 2014).

### 2.3.5. Policy transfer e buone pratiche

L'idea di utilizzare esempi di azioni e politiche di adattamento dei trasporti pubblici provenienti dall'estero per trasportarli a Roma rende necessario affrontare le questioni di *policy transfer* e la letteratura in tema. Infatti, in misura crescente in letteratura si riconosce l'importanza dell'apprendimento da altri contesti nelle decisioni sui progetti. In questo modo, infatti, gruppi di regole e approcci sono esportati da una situazione all'altra. Nello scorso decennio è stato sviluppato uno schema basato su una serie di sette domande per analizzare e comprendere un processo di *policy transfer* sintetizzati nella figura sottostante (Dolowitz & Marsh, 2000).

TABLE 1  
A Policy Transfer Framework

Why Transfer? Continuum Want To . . . . . Have To			Who Is Involved in Transfer?	What Is Transferred?	From Where			Degrees of Transfer	Constraints on Transfer	How To Demonstrate Policy Transfer	How Transfer leads to Policy Failure
Voluntary	Mixtures	Coercive			Past	Within-a Nation	Cross- National				
Lesson Drawing (Perfect Rationality)	Lesson Drawing (Bounded Rationality)	Direct Imposition	Elected Officials	Policies (Goals) (content) (instruments)	Internal	State Governments	International Organizations	Copying	Policy Complexity (Newspaper) (Magazine) (TV) (Radio)	Media	Uniformed Transfer
	International Pressures		Bureaucrats Civil Servants	Programs	Global	City Governments	Regional State Local Governments	Emulation	Past Policies	Reports	Incomplete Transfer
	(Image) (Consensus) (Perceptions) Externalities	Pressure Groups Political Parties	Institutions			Local Authorities		Mixtures Inspiration	Structural Institutional Feasibility	Conferences Meetings/ Visits	(Commissiomed) (uncommissiomed) Inappropriate Transfer
	(Loans) (Conditions Attached to Business Activity)		Ideologies						(Ideology) (cultural proximity) (technology) (economic) (bureaucratic) Language	Statements (written) (verbal)	
	Obligations	Policy Entrepreneurs/ Experts	Attitudes/ Cultural Values	Negative Lessons			Past Relations				
			Consultants Think Tanks Transnational Corporations Supranational Institutions								

Schema del *policy transfer*. Fonte: Dolowitz & Marsh, 2000, p. 9

Nel campo dei trasporti un numero relativamente recente di *Transport Policy* ha riguardato il tema del trasferimento di politiche nell'ambito dei trasporti urbani attraverso una rassegna della letteratura e una serie di articoli sullo studio di città in Australia, Europa e America del nord (Ison *et al.*, 2011).

La letteratura che studia il *policy transfer* nel campo dei trasporti è analizzata a partire dallo schema di Dolowitz & Marsh citato sopra, confermandone implicitamente la validità in questo campo. Il numero di articoli passati in rassegna è relativamente basso – si tratta di tredici contributi – indica che c'è ampio spazio per nuovi lavori in questo campo (Marsden & Stead, 2011).

Sempre sulla base delle sette domande analitiche, un altro contributo ha analizzato nei processi di trasferimento a livello europeo le prospettive *bottom-up* – provenienti da sette città partecipanti a un progetto europeo – e *top-down* – a partire dai documenti

illustrativi delle politiche europee di trasporto. I temi e le questioni che emergono dalla prima prospettiva sono l'importanza delle informazioni e dello scambio di conoscenze tra professionisti, che possono fornire più informazioni rispetto ai documenti disponibili su internet. Emerge anche la questione della lingua da utilizzare negli scambi e della presenza di gerarchie tra le città. La prospettiva paneuropea evidenzia questioni legate all'incertezza nel significato del termine sussidiarietà e alla differenza di enfasi sugli aspetti di sostenibilità ambientale, economica e sociale, con maggiore attenzione rispetto ai primi due (Timms, 2011).

Direttamente legato al tema del *policy transfer* è quello delle buone pratiche, vale a dire quelle esperienze di successo in contesti locali che riguardano questioni ritenute rilevanti e valutate secondo un complesso di criteri (Vettoreto, 2009, p. 1069). Questo strumento è oggetto di un ampio uso da parte delle istituzioni degli stati europei, le quali hanno prodotto negli anni diversi progetti europei di diffusioni di tali pratiche. Vettoreto (2009) analizza criticamente lo strumento delle buone pratiche, nei confronti del quale il consenso è unanime e positivo, attraverso lo studio empirico di alcuni progetti europei.

Sulla trasferibilità delle buone pratiche, in particolare dall'Europa occidentale a quella orientale, Stead (2012) pone dei dubbi a riguardo della loro completa applicabilità da un contesto all'altro. È interessante vedere come dall'analisi di uno studio sulle politiche di riqualificazione urbana (Wolman & Page, 2002 in Stead, 2012) emerge che per gli amministratori sono più valide le informazioni provenienti dai contatti informali con le loro controparti rispetto ai documenti ufficiali che descrivono le buone pratiche.

Un contributo relativamente recente di Lieto (2013) legge la questione del *policy transfer* attraverso il mito, spiegando l'adattamento di un'idea da un contesto all'altro attraverso l'incontro tra due diverse concezioni dello spazio che produce una nuova concezione ibrida, che unisce i caratteri di entrambe.

## **2.4. Metodologia**

Il passo successivo alla descrizione critica della letteratura che sostiene l'impianto di questo lavoro di ricerca è la descrizione della metodologia e dei metodi della ricerca. Roma svolge la funzione di *case study* per questa ricerca: si tratta quindi dell'oggetto di studio principale in cui è applicato lo studio degli effetti dei cambiamenti climatici sul sistema di trasporto pubblico di superficie. I metodi di ricerca sono principalmente quantitativi, attraverso l'analisi di dati sui trasporti pubblici, sul tempo atmosferico e sulla popolazione. Per una descrizione più specifica di come i dati sono stati effettivamente raccolti e analizzati si rimanda ai capitoli successivi: il terzo capitolo per quanto riguarda la CVCR e il quarto a proposito dello studio sul trasporto pubblico di superficie a Roma.

### 2.4.1. La scelta della metodologia dello studio di caso

Il tema di ricerca che si intende affrontare non è particolarmente sviluppato: sono poche le amministrazioni e le agenzie di trasporto pubblico locale che affrontano la questione dell'adattamento ai cambiamenti climatici, pur essendoci molti altri enti

impegnati sul fronte altrettanto importante della mitigazione. Questo non deve però essere un ostacolo per affrontare un tema di ricerca che si può definire di frontiera. Anzi, è proprio la scarsità di contesti nei quali questo tema è stato effettivamente messo in pratica a motivare la scelta di contribuire al campo di studio.

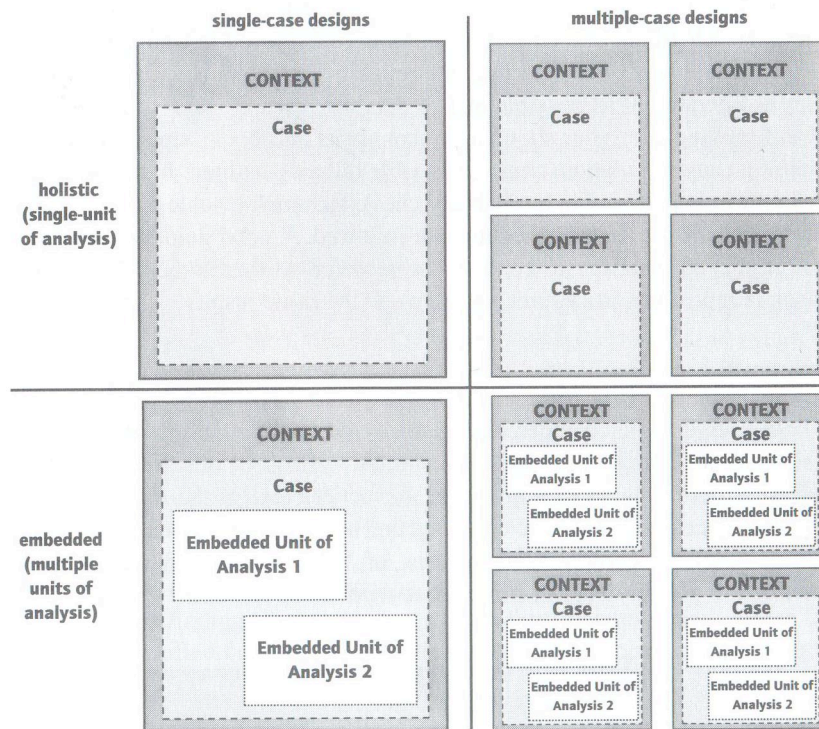
L'insufficienza di contesti e la difficoltà insita nel tentativo di paragonare tra loro contesti diversi, come testimonia la letteratura sul *policy transfer* descritta sopra, spingono a scegliere la metodologia del *case study*. Infatti, il caso capitolino presenta sia criticità nella gestione ordinaria del trasporto pubblico locale, sia in quella straordinaria degli eventi estremi. Inoltre le vulnerabilità climatiche della città pongono questioni interessanti per l'adattamento del sistema dei trasporti capitolino.

Va evidenziato che il caso romano rispetta i requisiti indicati da Yin (2009) per applicare la metodologia dello studio di caso, come si può vedere in figura: risponde a domande di ricerca che iniziano con *how*, non richiede il controllo di eventi comportamentali e riguarda eventi contemporanei. L'adattamento è chiaramente da considerarsi un evento contemporaneo. Infatti, anche se si considera che i cambiamenti climatici accadranno in futuro, è necessario adattarsi fin da oggi. Allo stesso modo lo studio degli effetti degli eventi meteorologici sulla rete di trasporto pubblico di Roma non può essere considerato alla stregua di un esperimento, nel quale è possibile controllare gli eventi comportamentali, ma appunto come un *case study*.

METHOD	(1) Form of Research Question	(2) Requires Control of Behavioral Events?	(3) Focuses on Contemporary Events?
Experiment	how, why?	yes	yes
Survey	who, what, where, how many, how much?	no	yes
Archival Analysis	who, what, where, how many, how much?	no	yes/no
History	how, why?	no	no
Case Study	how, why?	no	yes

Metodologie della ricerca. Fonte: Cosmos Corporation, citato in Yin, 2009, p. 8.

Il *case study* è una metodologia appropriata per questa tesi, dato che permette di studiare in un contesto specifico le questioni di adattamento ai cambiamenti climatici nel settore dei trasporti. Si tratta, nelle parole di Yin (2009, p. 18) di una metodologia che ricerca un fenomeno contemporaneo approfonditamente e in un contesto reale. L'autore propone diverse tipologie di *case study*, come è possibile vedere nella figura sottostante. La più adeguata per questo studio è la prima in alto a sinistra, denominata *holistic single-case design* (Yin 2009, pp. 53-60), che prevede lo studio di un singolo caso studio con una singola unità di analisi: Roma e il suo sistema di trasporto pubblico.



Tipologie di *case study*. Fonte: Cosmos Corporation, citato in Yin, 2009, p. 46.

Allo stesso tempo non si può prescindere dagli altri contesti in cui avvengono o si stanno studiando azioni di adattamento nel settore dei trasporti pubblici. Non si ritiene però che la comparazione di diversi ambiti risulti utile a questa ricerca, perché è difficile mettere a confronto sistemi istituzionali, culturali e operativi diversi tra loro. Inoltre non è automaticamente garantito che una soluzione che ha funzionato con successo a Londra possa essere ugualmente efficace a Roma. Può essere invece utile tenere conto di quanto avviene in altri contesti, attraverso brevi riferimenti a singoli interventi all'interno della tesi, raccogliendo quanto di utile insegnano le azioni intraprese in questi contesti, senza però elevarli al rango di esempi da confrontare con il caso principale. Un esempio è l'inserimento di box esemplificativi all'interno del capitolo 5, incentrato sugli interventi di adattamento da attuare a Roma.

#### 2.4.2. Metodi quantitativi nella raccolta dei dati di vulnerabilità climatica del sistema dei trasporti

Una parte importante di questa tesi è dedicata allo studio di dati legati agli effetti dei cambiamenti climatici sulla città e sul suo sistema dei trasporti pubblici. Per questo motivo si è scelto di impiegare metodi di ricerca quantitativi.

Dal punto di vista quantitativo, la collaborazione con la ricerca di ateneo sulla vulnerabilità climatica di Roma, meglio descritta nel capitolo che segue, è di grande utilità perché rende possibile l'uso di strumenti GIS e l'accesso a dati di vario tipo: censuari, satellitari, di temperatura, etc. La possibilità di disporre di questi dati dà l'occasione di accedere a una serie di informazioni sulla città nel complesso da cui non

si può prescindere per procedere con lo studio, più settoriale, dello stato del trasporto pubblico di superficie. La specifica metodologia che riguarda la ricerca che ha portato alla produzione della CVCR è specificata nel terzo capitolo.

La collaborazione con l'Atac ha permesso a chi scrive di accedere ai dati sulle segnalazioni dei guasti alle infrastrutture e ai mezzi pubblici, in modo da comprendere le criticità della rete durante gli eventi estremi. Le modalità di lavoro sono descritte più approfonditamente nel quarto capitolo.

#### 2.4.4. Software open-source e collaborative mapping

Nell'ambito della raccolta dei dati per questa ricerca si è scelto di utilizzare software e dati *open-source*, sia per una ovvia questione di riduzione dei costi, sia perché si ritiene che per una ricerca pubblica sia giusto utilizzare programmi il più possibile aperti e sfruttabili da chiunque ne abbia le capacità, senza barriere di tipo monetario all'ingresso. In questo modo la ricerca potrà essere replicabile utilizzando lo stesso tipo di strumenti.

È questo il caso per l'elaborazione su piattaforma GIS dei dati sui trasporti, per la quale è stato scelto il software open source Qgis, scaricabile gratuitamente in italiano e aggiornato con regolarità da un gruppo di volontari – è stata rilasciata recentemente la versione 2.14.

Allo stesso modo la base dei dati sulle linee di trasporto pubblico proviene da Openstreetmap, un sito nel quale gli utenti modificano e aggiornano volontariamente la mappa della Terra segnando strade, edifici, corsi d'acqua e – ovviamente – linee del trasporto pubblico. Purtroppo non tutte le aree sono mappate con la stessa precisione: spesso le città sono meglio definite delle aree rurali. Nel caso specifico di Roma sono mappati e regolarmente aggiornati i percorsi delle linee di trasporto pubblico (dagli autobus alle metropolitane, passando per i treni e via dicendo).

È positivo poter utilizzare questa forma di dati, che costituisce parte di quella che Goodchild (2007) chiama *volunteered geographic information* (VGI): l'autore cita tra gli esempi più noti WikiMapia e Openstreetmap. Nonostante l'articolo risalga a otto anni fa, l'autore riconosce la potenzialità di questo sistema per migliorare la mappatura del mondo, riconoscendo come progetti di questo genere forniscano la fonte meno cara di informazioni geografiche e in certi casi anche l'unica.

## 3. I cambiamenti climatici a Roma

### 3.1. Introduzione alla CVCR

Questo capitolo descrive e integra il lavoro effettuato, all'interno di questa Università, dal gruppo di ricerca "Politiche e strategie urbane per l'adattamento climatico" coordinato dai professori Andrea Filpa e Simone Ombuen, che ha prodotto, con la collaborazione dell'unità di ricerca UTMEA dell'ENEA, la Carta della Vulnerabilità Climatica (CVCR) 1.0. Il gruppo dell'Università degli Studi Roma Tre che ha lavorato a questo progetto nel corso degli anni ha compreso, oltre a chi scrive: Federica Benelli, prima come dottoranda, poi come assegnista di ricerca; Flavio Camerata in qualità di assegnista; Alessandra Nguyen Xuan e Valeria Pellegrini come dottorande di ricerca.

La CVCR 1.0 è il risultato di una ricerca che ha sperimentato una procedura speditiva, efficiente e replicabile che possa fornire un quadro chiaro delle principali vulnerabilità di una città, speditamente e con risorse ridotte. Per *speditiva* si intende una procedura che possa dare risultati utili anche con una quantità limitata di dati. Esiste in ogni caso la possibilità di aggiornare facilmente la procedura nel momento in cui nuovi dati siano disponibili. *Replicabile* indica una procedura chiaramente strutturata, fondata sull'elaborazione di dati utilizzabili in contesti urbani differenti. Si tratta quindi di dati accessibili a tutti e disponibili a livello nazionale.

Il gruppo di ricerca ha scelto di sperimentare la procedura su Roma sia perché rappresenta il contesto in cui lavora, sia perché la città ospita un'ampia varietà di tipologie urbane e di rischi, cosa che permette di testarla in maniera estensiva. Il numero 1.0 è stato scelto perché la carta rappresenta un primo passo della ricerca, aperto a ulteriori miglioramenti. Nonostante il numero limitato di dati disponibili, la carta mostra il grado di vulnerabilità dei diversi insediamenti di cui è composta la città.

Si è scelto di inserire un riferimento a questa ricerca all'interno di questa tesi, perché lo studio fatto sui trasporti pubblici a Roma, sebbene con una differente metodologia, rappresenta uno dei possibili proseguimenti del lavoro iniziato dal gruppo di ricerca del laboratorio per la CVCR.

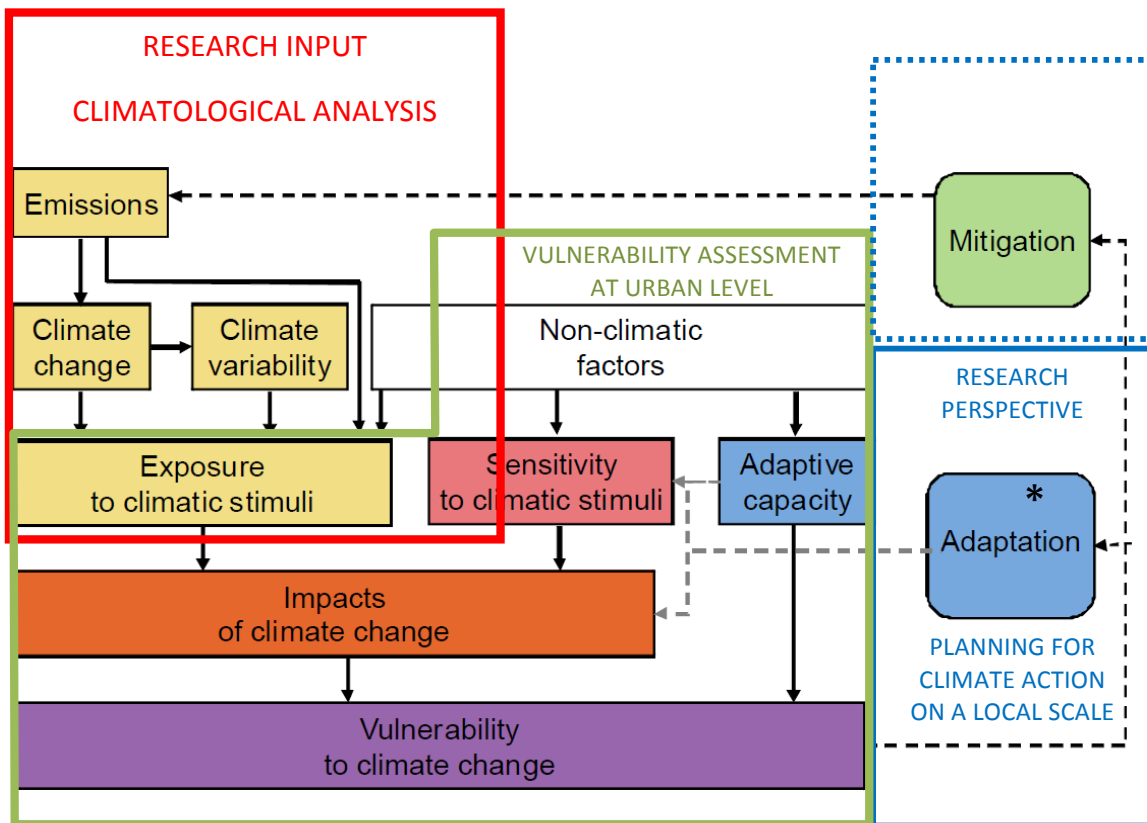
### 3.2. Metodologia

La metodologia scelta per l'elaborazione della CVCR è una versione semplificata e adattata a una scala urbana di quella utilizzata nella ricerca *Climate Change and territorial effect on regions and local economies*, sviluppata all'interno del programma ESPON 2013 (ESPO, 2011).

Tale ricerca ha studiato e mappato la vulnerabilità climatica dell'Europa, avendo come unità di analisi le aree NUTS 3. È stata scelta principalmente per tre ragioni: la



chiarezza, la completezza dei temi analizzati e la coerenza con i quadri di riferimento condivisi da altre recenti ricerche sui cambiamenti climatici e i loro impatti. Per limiti di tempo e di risorse è stato possibile raccogliere solo parte dei dati e delle informazioni utilizzati nella ricerca ESPON. Nonostante questi limiti è stato possibile mantenere i principali stadi dell'analisi – Esposizione, Sensibilità, Impatti, Capacità Adattiva, Vulnerabilità – in modo da permettere integrazioni e perfezionamenti in futuro. All'interno di questo quadro metodologico, la vulnerabilità di un sistema è una funzione di esposizione, sensibilità e capacità adattiva. Il contrasto agli effetti negativi dei cambiamenti climatici include interventi di mitigazione e adattamento. In particolare, quest'ultimo consiste nel ridurre la sensibilità e nel migliorare la capacità adattiva, riducendo quindi gli impatti futuri. Entrambe queste variabili dipendono da fattori non climatici come le caratteristiche socio-demografiche e urbane.



Schema della ricerca con riferimento allo schema di ESPON

A causa della mancanza di dati climatici e meteorologici di dettaglio, il gruppo di ricerca ha scelto di omettere provvisoriamente un'analisi approfondita delle componenti di esposizione. Si è inoltre deciso di rinviare le riflessioni sulle strategie e le misure per l'adattamento a scala locale a una fase successiva della ricerca. In questa fase la ricerca è stata focalizzata sulla valutazione di vulnerabilità, in particolare sulla identificazione e localizzazione a scala infra-urbana delle caratteristiche della città che contribuiscono alla sensibilità ai fenomeni climatici e di quelle che concorrono a

ridurre gli impatti, quindi ad aumentarne la resilienza. Poiché il lavoro riguarda una scala infra-urbana che richiede dati disaggregati, non è sempre stato possibile trovare dati sufficientemente dettagliati. Per questo si è scelto di limitare il numero di variabili scelte e di utilizzare *proxies* quando questo si è rivelato necessario. Per questi motivi esistono altre differenze metodologiche rispetto al modello indicato da ESPON, che saranno meglio evidenziate sotto.

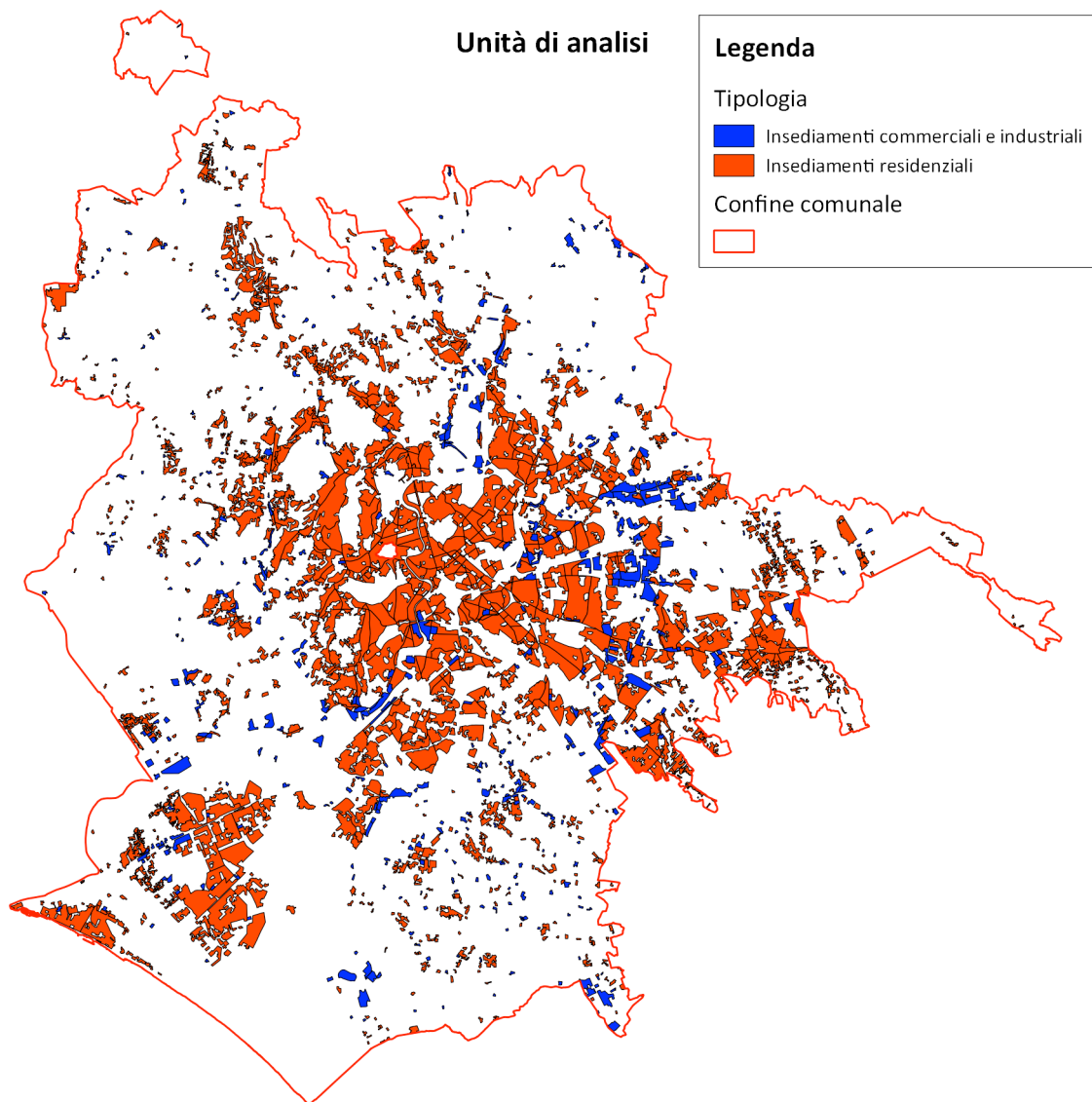
### **3.3. Unità di analisi**

Si è scelto di analizzare il sistema urbano per intero piuttosto che suddividerlo in diversi sistemi esposti (fisico, ambientale, economico, sociale e culturale), come è stato fatto nella ricerca ESPON. Di conseguenza, non sono state valutate le sensibilità di settore e non sono state distinte le corrispondenti dimensioni di sensibilità, impatti e capacità adattiva.

Per rappresentare meglio la variabilità spaziale della vulnerabilità climatica, l'area di studio, corrispondente al territorio del comune di Roma, è stata suddivisa in Unità di Analisi (UdA): si tratta di unità minime contenenti dati spaziali e statistici. Per garantire la riproducibilità di questa suddivisione in altri contesti, le UdA sono state individuate utilizzando fonti di dati e cartografie generalmente disponibili in tutta Italia:

- Carta Tecnica Regionale (CTR) scala 1:5.000;
- Carta dell'Uso del Suolo (CUS) con un dettaglio corrispondente al quarto livello CORINE Land Cover e risoluzione spaziale 1:25.000;
- Sezioni di censimento contenenti i dati statistici di popolazione e abitazioni (al momento dell'elaborazione i dati più aggiornati risalgono al censimento 2001);
- Il database della rete stradale TeleAtlas MultiNet, che classifica le strade secondo la loro importanza in termini di traffico.

Le UdA hanno dimensioni variabili, corrispondenti approssimativamente a un quartiere o parte di esso, e identificano parti della città omogenee in termini di funzioni, forma urbana e tipologia edilizia. Nella prima fase, si è scelto di includere solo gli insediamenti residenziali, commerciali e industriali. In futuro le UdA includeranno anche le infrastrutture, i servizi urbani e le aree non costruite quali terreni agricoli, aree protette, parchi urbani etc.



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Unità di analisi

Le UdA sono state identificate sulla base della classificazione dell'uso del suolo della Regione Lazio, selezionando le aree residenziali, industriali e commerciali. Successivamente, in modo da ottenere un risultato fino e più omogeneo, le aree sono state intersecate con la rete stradale MultiNet filtrata al quinto livello. In futuro le UdA potranno essere utilizzate come aree omogenee per l'applicazione di politiche e azioni di adattamento, per esempio nella predisposizione del piano di adattamento di Roma. Sono state identificate circa 1900 UdA, con superfici che vanno da 0,5 a 266 ettari. Tutti i poligoni con area inferiore al mezzo ettaro, considerati influenti ai fini della ricerca, sono stati eliminati dal database.

### 3.4. Esposizione

La definizione di esposizione secondo l'IPCC (2001, p. 987) è la seguente:

Exposure: The nature and degree to which a system is exposed to significant climatic variations.

Per quanto riguarda l'analisi dell'esposizione, sono stati considerati di maggiore rilevanza nel contesto studiato due fenomeni climatici: l'aumento delle temperature estive e dell'intensità delle precipitazioni. Di conseguenza sono state valutate l'esposizione della città rispetto all'intensificazione delle ondate di calore e del rischio di allagamento causato da eventi di pioggia intensa. Si è scelto di non approfondire il tema dell'innalzamento del livello del mare, perché le stime a disposizione (Breil et al., 2007; Antonioli & Silenzi, 2007) riportano per questa sezione della costa tirrenica una variazione di circa 25 centimetri al 2100. Poiché i modelli digitali del terreno che il gruppo ha a disposizione hanno una risoluzione verticale di un metro, non è stato possibile identificare chiaramente le aree potenzialmente interessate da questo fenomeno. Le previsioni che riguardano tali fenomeni (calore e allagamento) provengono da modelli climatici corrispondenti a scenari di emissioni, in particolare il modello climatico CCLM e lo scenario A1B dell'IPCC, adottati nella ricerca ESPON citata sopra. In ogni caso, la risoluzione spaziale di questi modelli li rende di scarsa utilità a scala locale, a meno di elaborare un apposito *downscaling*.

Il *downscaling* di modelli climatici è un'operazione molto complessa. La ricerca ESPON (2011), che si basa sul modello climatico CCLM e sui dati dello scenario A1B dell'IPCC, ha elaborato un primo passo di *downscaling*, estrapolando proiezioni valide per il livello NUTS 3. Per quanto riguarda la provincia di Roma, le proiezioni al 2100 mostrano: un aumento delle temperature medie tra i 3,6 e i 4,0 °C, un aumento del numero di giornate estive tra i 20 e i 30 giorni all'anno, un sostanziale incremento della siccità estiva (calo delle precipitazioni maggiore o uguale al 40%), una stabilità di giorni con copertura nevosa, una variazione nulla o marginale degli allagamenti fluviali o costieri.

Queste indicazioni sono importanti, ma hanno un'utilità marginale, non potendo essere riferite a una singola UdA. Una volta riconosciuta l'impossibilità tecnica di elaborare autonomamente un modello climatico dettagliato che potesse fornire indicazioni per il comune di Roma, si è scelto di restituire i differenziali spaziali di esposizione ai fenomeni scelti utilizzando gli eventi osservati e le mappe di rischio come *proxy*.

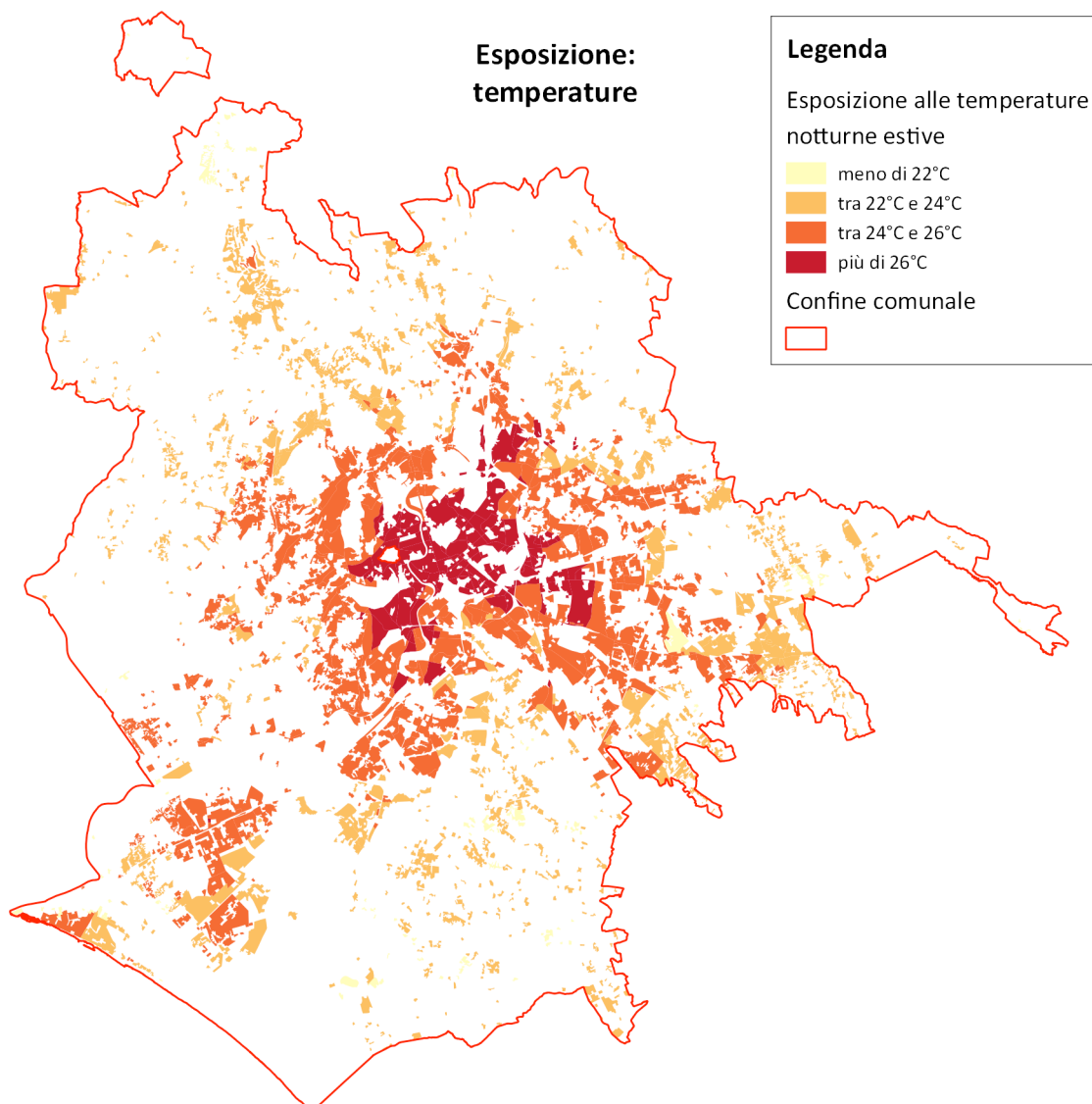
Le grandi città, come Roma, sono soggette al fenomeno dell'isola di calore urbana (Urban Heat Island, UHI): lo stesso picco di calore genera temperature più alte in alcune aree – solitamente quelle centrali – e meno alte in altre – generalmente in periferia. De Pascali (2008, p. 185) la definisce come “la zona atmosferica soprastante la città che registra temperature mediamente più elevate di quelle della campagna circostante”. Tra le cause di questa differenza tra centro e periferia si ricordano: l'assenza di vegetazione, che impedisce la riduzione di temperatura dovuta all'evapotraspirazione; la presenza di edificato, che accentua l'assorbimento del calore e allo stesso tempo la sua ridotta riflessione; l'inquinamento atmosferico, che raccoglie il calore e ne limita la dispersione; la riduzione dei venti, che risultano rallentati dalla

presenza di edifici; la produzione di calore all'interno della città con l'uso di combustibili fossili e impianti di climatizzazione (ibid, pp. 186-187). Per comprendere questa distribuzione diseguale delle temperature più alte – che rappresenta un'esposizione termica differenziata tra le diverse aree della città – è stata utilizzata l'osservazione satellitare termica dell'ondata di calore dell'estate 2003 come *proxy* dell'esposizione all'aumento delle temperature estive.

L'aumento dell'intensità delle precipitazioni implica due tipologie di rischio: da una parte, l'esondazione dei corsi d'acqua causato dalle precipitazioni che avvengono nell'intero bacino fluviale; dall'altra, allagamenti e frane generati dalle precipitazioni che avvengono a livello urbano, generalmente causate dal sovraccarico del sistema fognario e dalla preesistenza di instabilità del terreno. Per capire quali aree della città sono maggiormente soggette a queste due tipologie di rischio sono state utilizzate rispettivamente le mappe della distribuzione degli allagamenti dovuti alle piogge rilevati dal dipartimento comunale di protezione civile e le mappe di rischio elaborate dall'autorità di bacino del fiume Tevere. Queste due banche dati sono state adottate come *proxy* dell'esposizione all'aumento dell'intensità delle precipitazioni.

Stimoli climatici	Fattori di esposizione ( <i>proxy</i> )	
1 Ondate di calore	E1 – Temperature estive notturne Indici assegnati: 0,05 - 0,2 - 0,5 - 1	
2 Piogge estreme	E2a – Allagamento da piogge intense Indici assegnati: 0 - 0,05 - 0,2 - 0,5 - 1	E2b – Allagamento fluviale Indici assegnati: 0 - 0,05 - 0,2 - 0,5 - 1

### 3.4.1. Esposizione alle ondate di calore (temperature notturne estive)

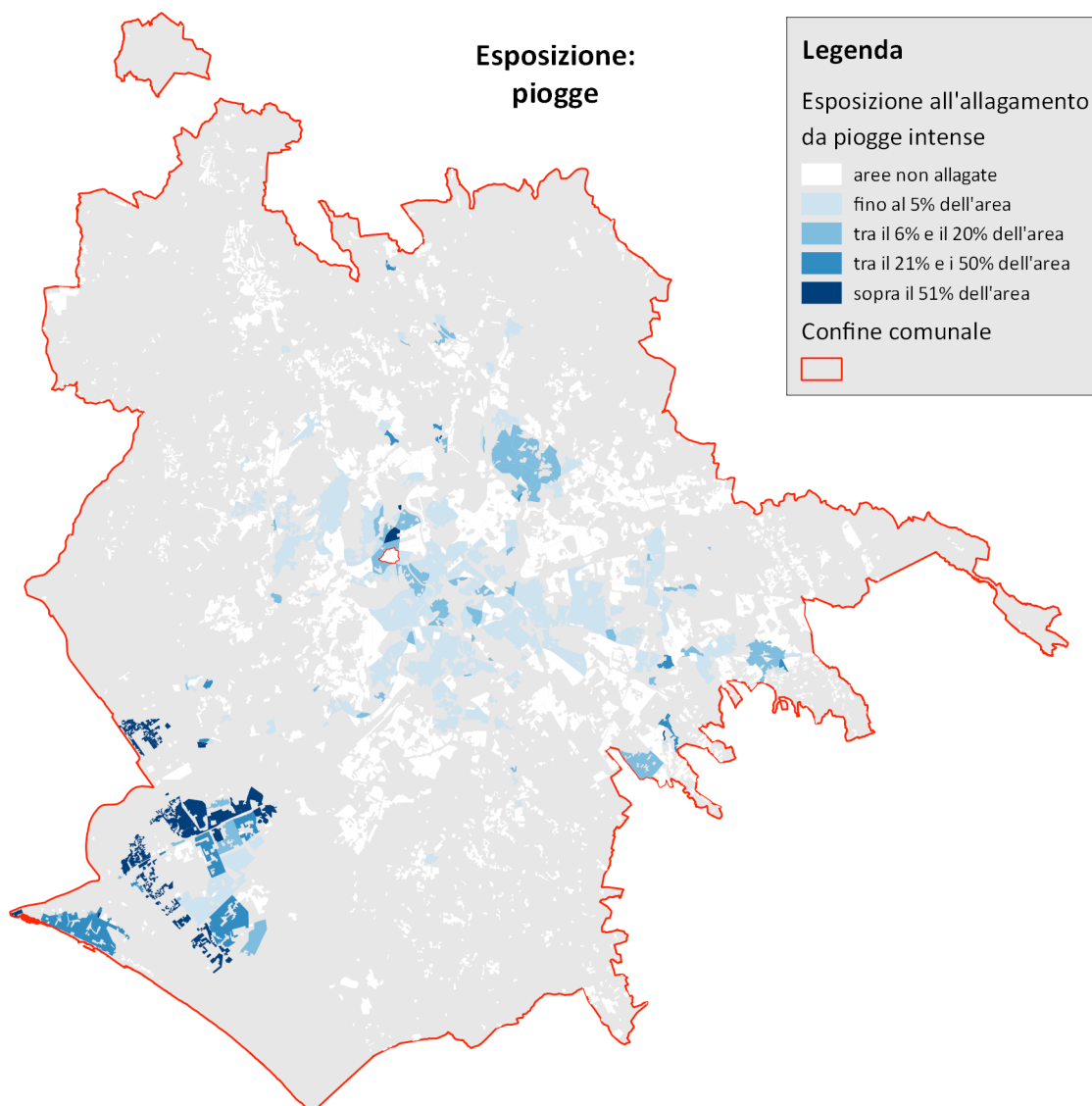


Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Esposizione temperature elevate

La base per il calcolo dell'esposizione alle temperature notturne estive è una mappa delle temperature al suolo rilevate dal sensore satellitare MODIS il 15 luglio 2003, vale a dire nell'anno in cui la nota ondata di calore ha colpito l'Europa. A partire da questa mappa (un'immagine raster con una risoluzione di un km), a ciascuna Uda è stata assegnato il valore medio delle temperature trovate all'interno dei suoi confini. La classificazione è stata fatta utilizzando intervalli di due gradi, considerati significativi in termini di percezione umana alla scala infra-urbana.

Le aree in cui le temperature rilevate sono più alte sono principalmente nel centro della città e nella parte orientale della città. Prevedibilmente le aree più periferiche e meno densamente abitate sono caratterizzate da temperature più basse.

### 3.4.2. Esposizione all'allagamento da piogge intense

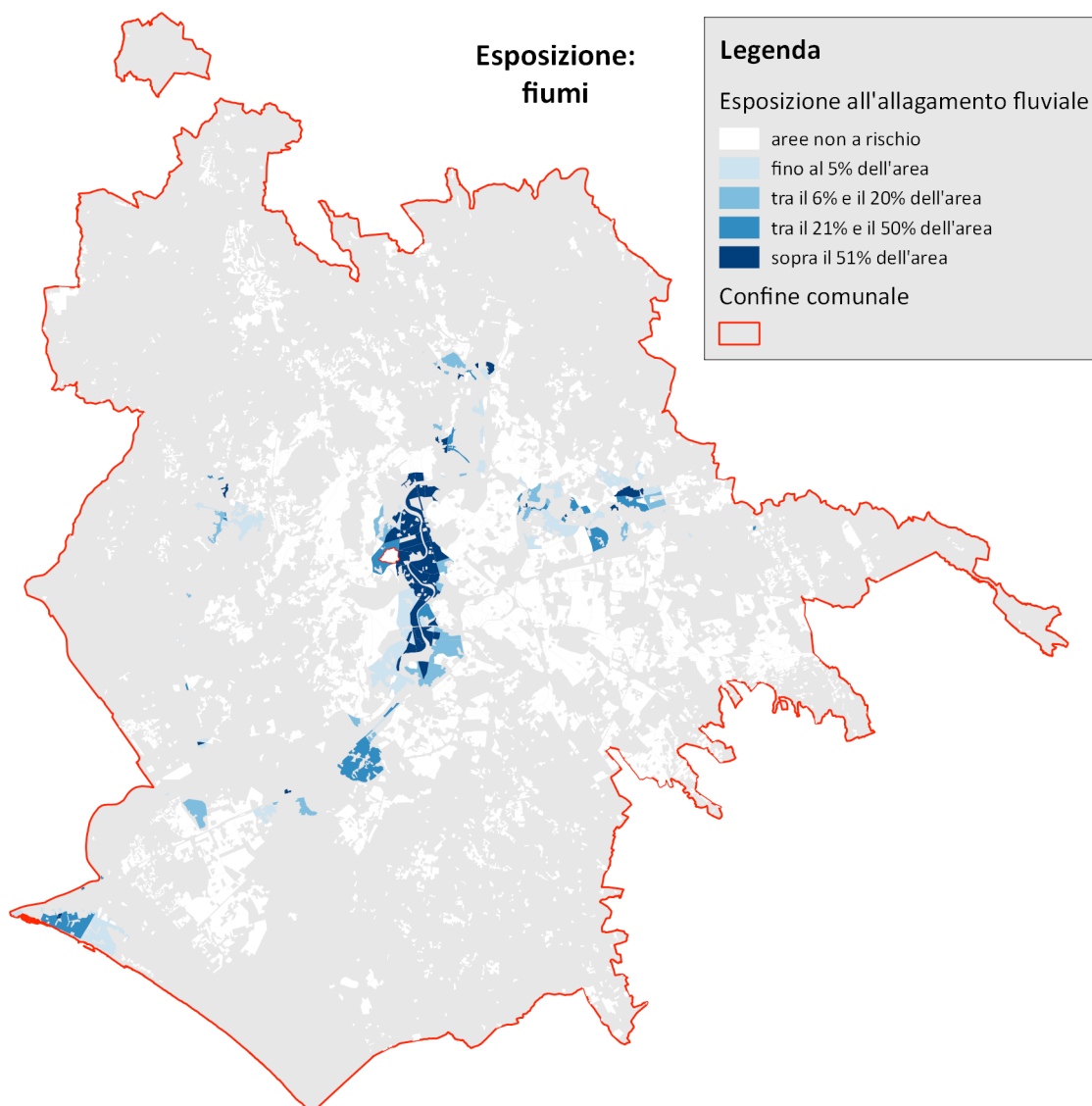


Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Esposizione piogge

La fonte per calcolare l'esposizione all'allagamento dovuto a piogge intense è un database fornito dalla Protezione Civile del comune di Roma. L'ufficio ha registrato e digitalizzato gli allagamenti rilevati dalla polizia locale negli anni 2004-2005 e 2006-2007. Per ciascuna UdA è stata calcolata la percentuale di area allagata rispetto all'area totale dell'UdA. La classificazione è stata fatta utilizzando intervalli considerati significativi per quanto riguarda la gravità degli eventi di allagamento.

La localizzazione degli allagamenti appare sbilanciata su alcune aree della città, in maniera particolare i quartieri di Ostia, Acilia e Casal Palocco. Altre aree, nella parte centrale e orientale della città contengono una minore percentuale di aree allagate.

### 3.4.3. Esposizione all'allagamento fluviale



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Esposizione allagamento fluviale

La fonte usata per calcolare l'esposizione all'allagamento fluviale è il database dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, che contiene le aree soggette a rischio. Sono state unite le aree soggette a tutte le classi di rischio dalla rete fluviale primaria e secondaria. Per ciascuna UdA è stata calcolata la percentuale di area soggetta a rischio rispetto alla sua area totale. La classificazione utilizza intervalli considerati significativi per quanto riguarda la gravità del rischio. Prevedibilmente, le aree di rischio sono localizzate lungo i due principali corsi d'acqua, con alcune eccezioni nell'area occidentale della città, lungo il fosso di Galeria. L'area maggiormente soggetta a rischio corrisponde al centro storico della città, tra i ponti Milvio e Marconi. Altre aree rilevanti si trovano a Roma sud, nei pressi della foce del Tevere e lungo l'Aniene.

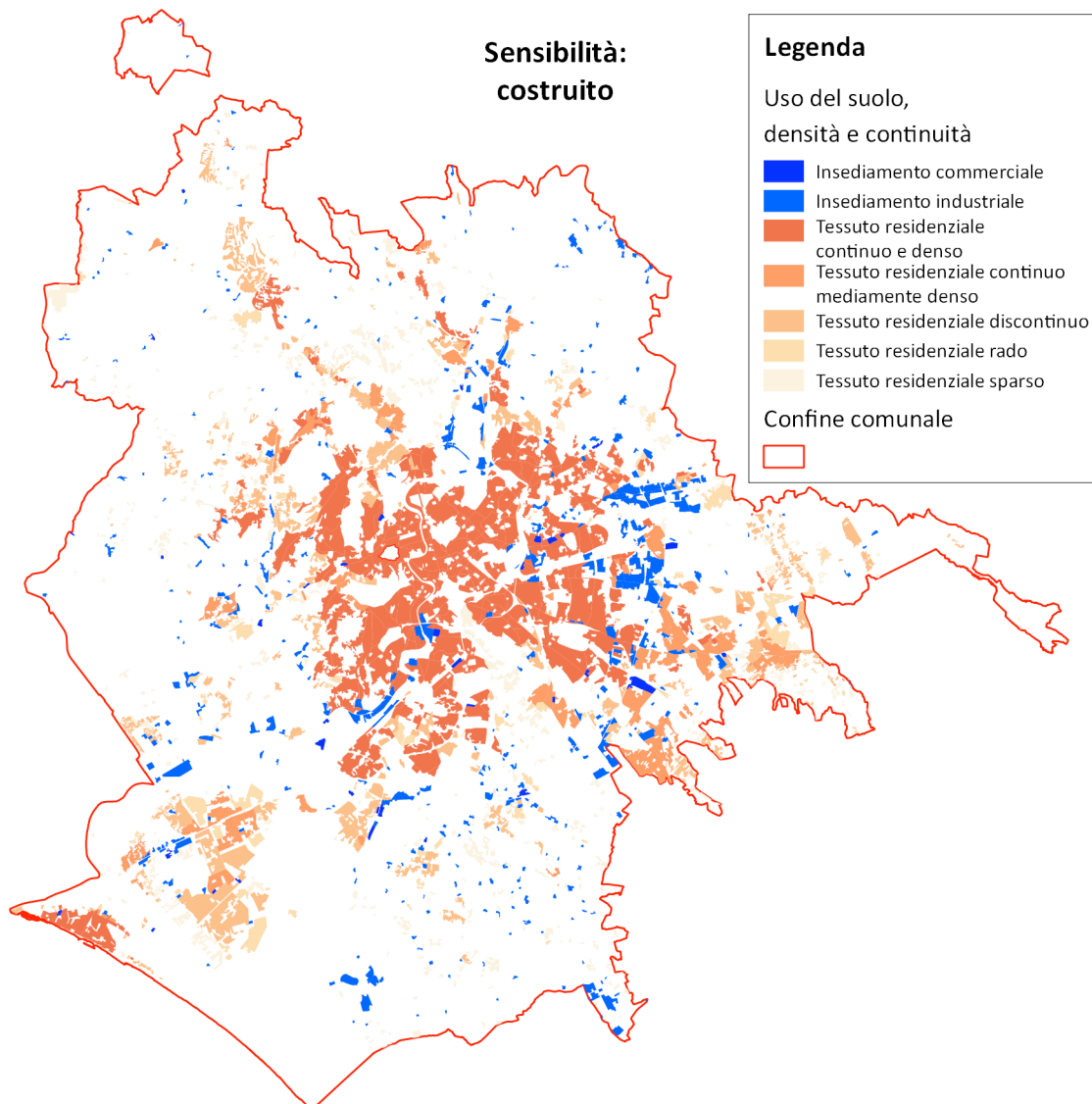


### 3.5. Sensibilità

La definizione di sensibilità secondo l'IPCC (2001, p. 993) è la seguente: "The degree to which a system is affected, either adversely or beneficially, by climate related *stimuli*". Le mappe elaborate per questa sezione indicano il grado di sensibilità ai cambiamenti climatici di ciascuna UdA, che varia a seconda delle specifiche caratteristiche delle stesse. Secondo la letteratura disponibile sono stati selezionati tre fattori di sensibilità che possono essere facilmente ottenuti e sono significativi rispetto ai fattori climatici presi in considerazione. Si tratta di variabili legate a caratteristiche urbane (funzione, continuità e densità del costruito) e demografiche (densità di popolazione e percentuale di popolazione anziana).

Fattori di sensibilità	Sensibilità aggregata
S1 – Caratteristiche dell'edificato Indici assegnati: 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1	S = S1+ S2 + S3
S2 – Densità di popolazione Indici assegnati: 0,05 – 0,15 - 0,3 - 1	
S3 – Densità di popolazione Indici assegnati: 0,05 – 0,15 - 0,3 - 1	

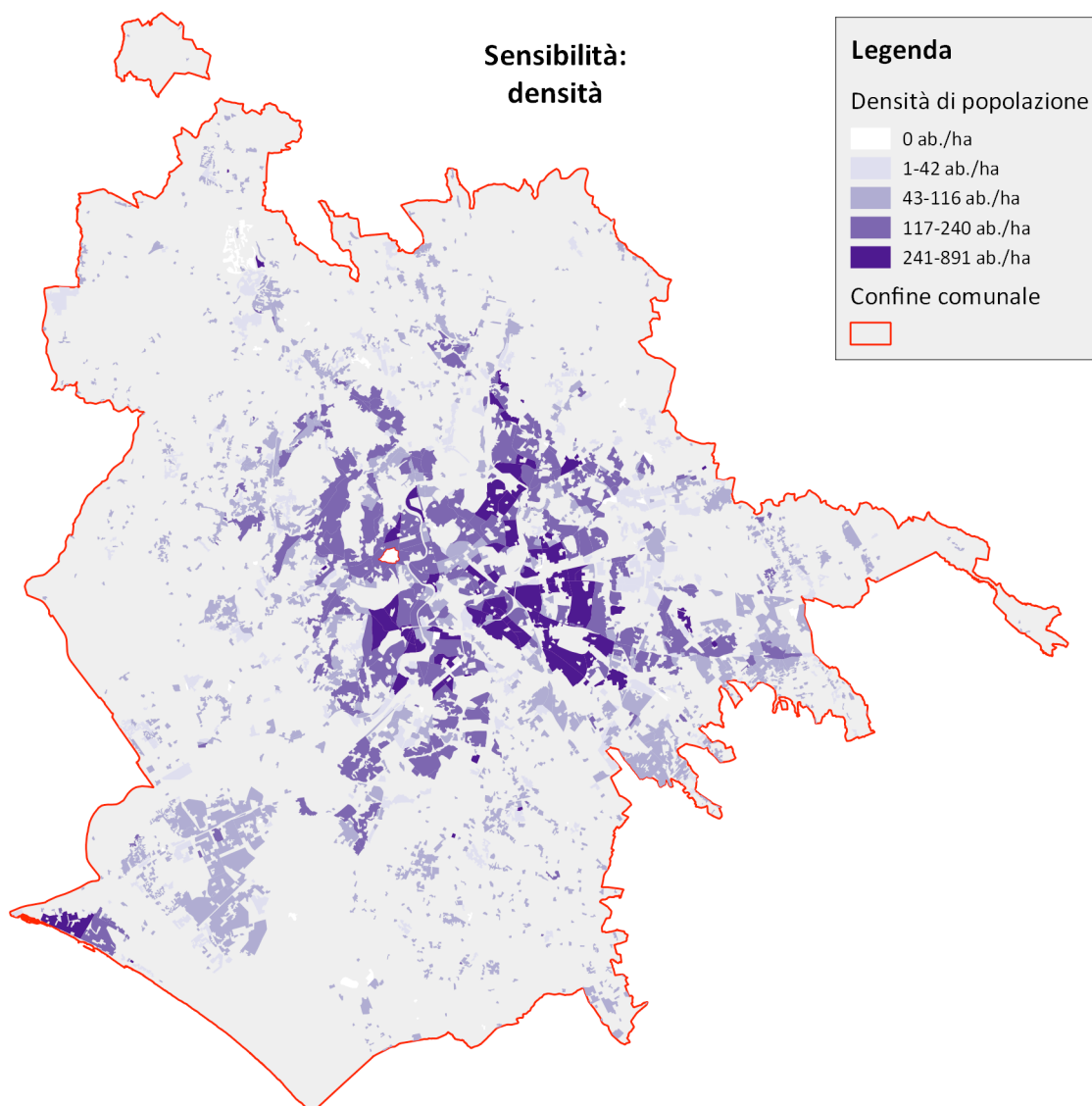
### 3.5.1. Uso del suolo, densità e continuità dell'edificato



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Sensibilità costruito

I fattori di sensibilità evidenziati in questa mappa sono le funzioni di uso del suolo (commerciale, industriale e residenziale) e, in particolare per le aree residenziali, la densità e continuità del costruito. La mappa riprende le informazioni della prima cartina presentata in questo capitolo, elencando le tipologie di tessuto indicate nella CUS della Regione Lazio. La differenza con l'altra immagine sta nella differenziazione tra i diversi tessuti: a ciascuna tipologia è stato assegnato un indice da 1 a 0 decrescente rispetto alla densità, come indicato nella tabella sottostante. Il tessuto residenziale continuo e denso rappresenta gran parte della superficie, mentre le aree meno dense sono localizzate nelle aree più periferiche. Gli insediamenti commerciali e industriali sono prevalentemente in periferia e sono presenti in diverse aree della città, spesso giustapposti a quelli residenziali.

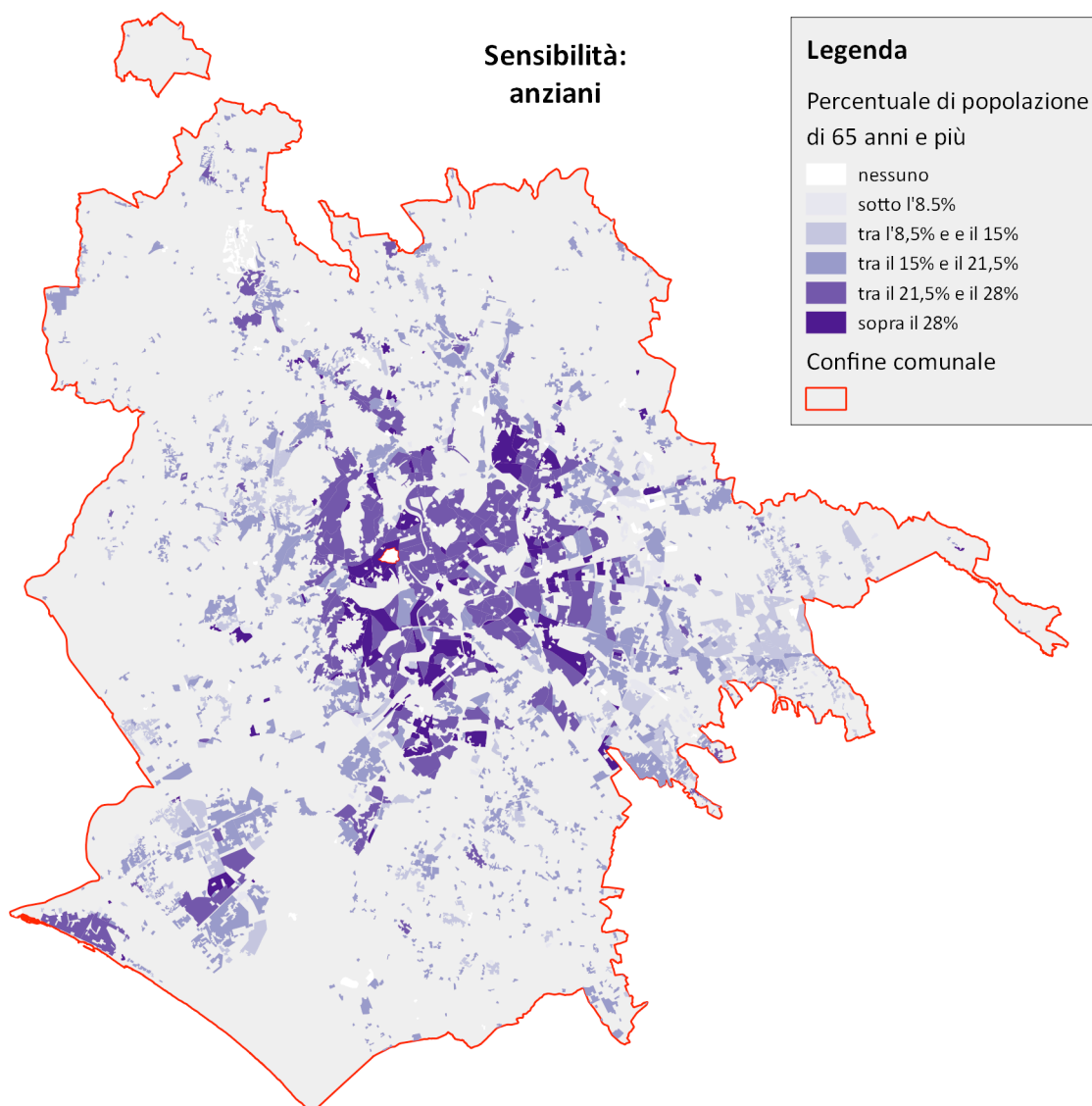
### 3.5.2. Densità di popolazione



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Sensibilità densità

La fonte usata per calcolare la densità di popolazione è il censimento della popolazione e delle abitazioni del 2011. Per associare i dati censuari alle UdA sono stati estratti i centroidi delle sezioni di censimento che ricadono all'interno di ciascuna UdA, sommandone i dati. La densità è stata calcolata dividendo la popolazione di ciascuna UdA per la sua area. La classificazione è stata fatta in quattro intervalli calcolati secondo il metodo degli intervalli naturali di Jenks, escludendo i valori nulli. Le aree più dense sono concentrate nell'area est della città, in particolare risaltano i quartieri Centocelle, Prenestino, San Giovanni e Don Bosco. Sono inoltre degni di nota i quartieri Africano e Monte Sacro a nord-est e le zone di Monteverde e Porta Portese a sud. La densità decresce in periferia e lontano dalle vie consolari, con l'eccezione di Ostia.

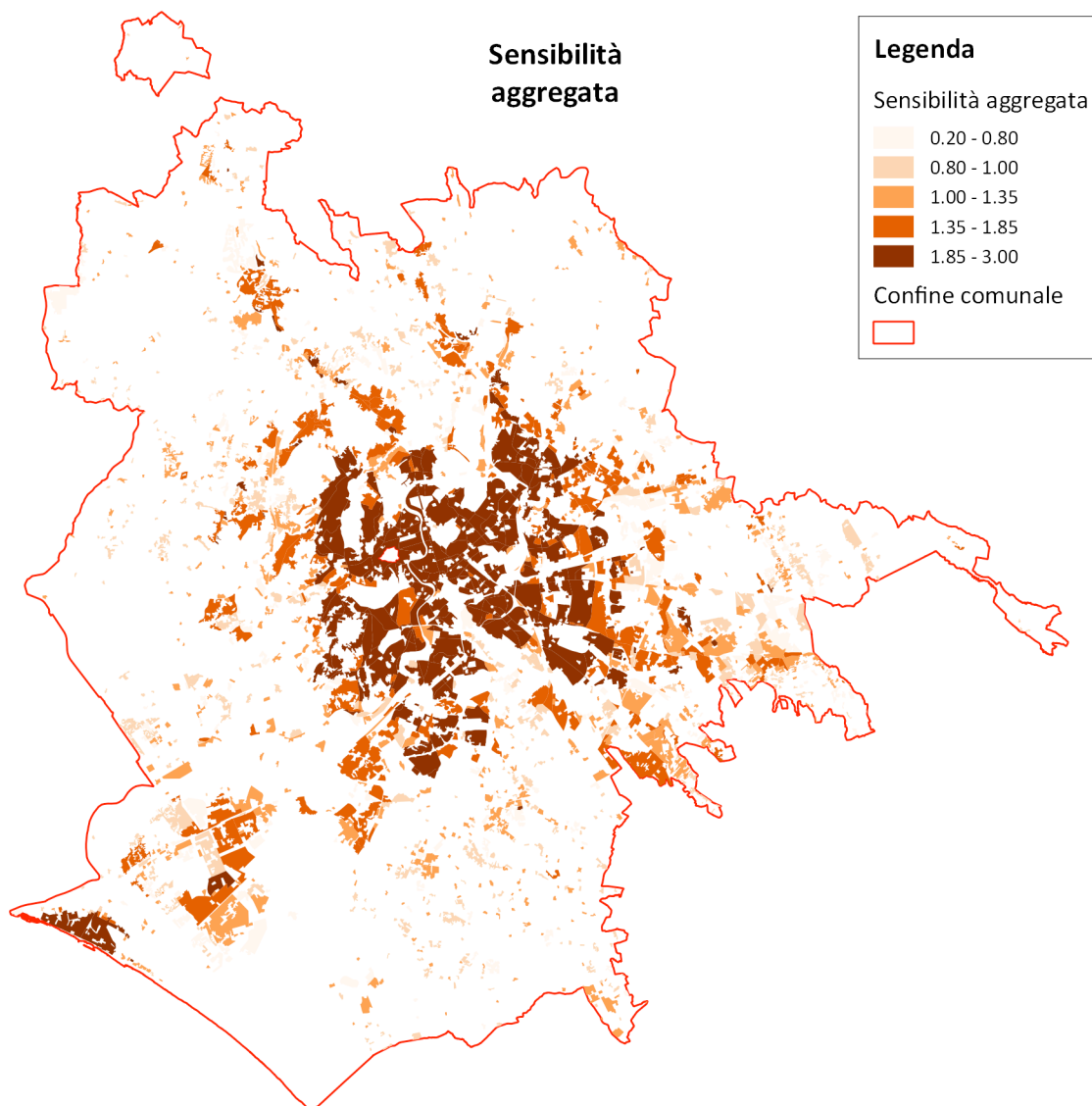
### 3.5.3. Percentuale di popolazione anziana



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Sensibilità popolazione anziana

Come sopra, la fonte usata per calcolare la densità di popolazione è il censimento della popolazione e delle abitazioni del 2011. Per associare i dati censuari alle UdA sono stati estratti i centroidi delle sezioni di censimento che ricadono all'interno di ciascuna UdA, sommandone i dati. La percentuale di popolazione anziana è stata calcolata dividendo la popolazione anziana per la popolazione totale di ciascuna UdA e moltiplicando il risultato per 100. La classificazione è stata fatta in sei intervalli calcolati secondo il metodo della deviazione standard. La popolazione anziana si concentra – come la densità anche se con picchi differenti – in aree centrali della città, diminuendo in periferia con le eccezioni dei quartieri di Ostia, Casal Palocco, Spinaceto e La Storta.

### 3.5.4. Sensibilità aggregata



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Sensibilità aggregata

In seguito è stato assegnato un indice da 0 a 1 per ciascuna classe di sensibilità, che esprime il contributo relativo alla sensibilità complessiva, che risulta dalla somma dei tre fattori. Il risultante indice di sensibilità aggregata (S) viene utilizzato nei passi successivi per calcolare i valori di impatto.

Visto che la sensibilità complessiva è data dalla somma algebrica dei tre fattori specifici, non è sorprendente vedere che le aree di maggiore concentrazione siano simili a quelle delle mappe precedenti. L'area centrale di Roma, insieme al lido di Ostia sono le zone a maggiore sensibilità dato che è lì che si concentrano la densità dell'edificato e della popolazione, oltre agli abitanti anziani.

### 3.6. Impatti

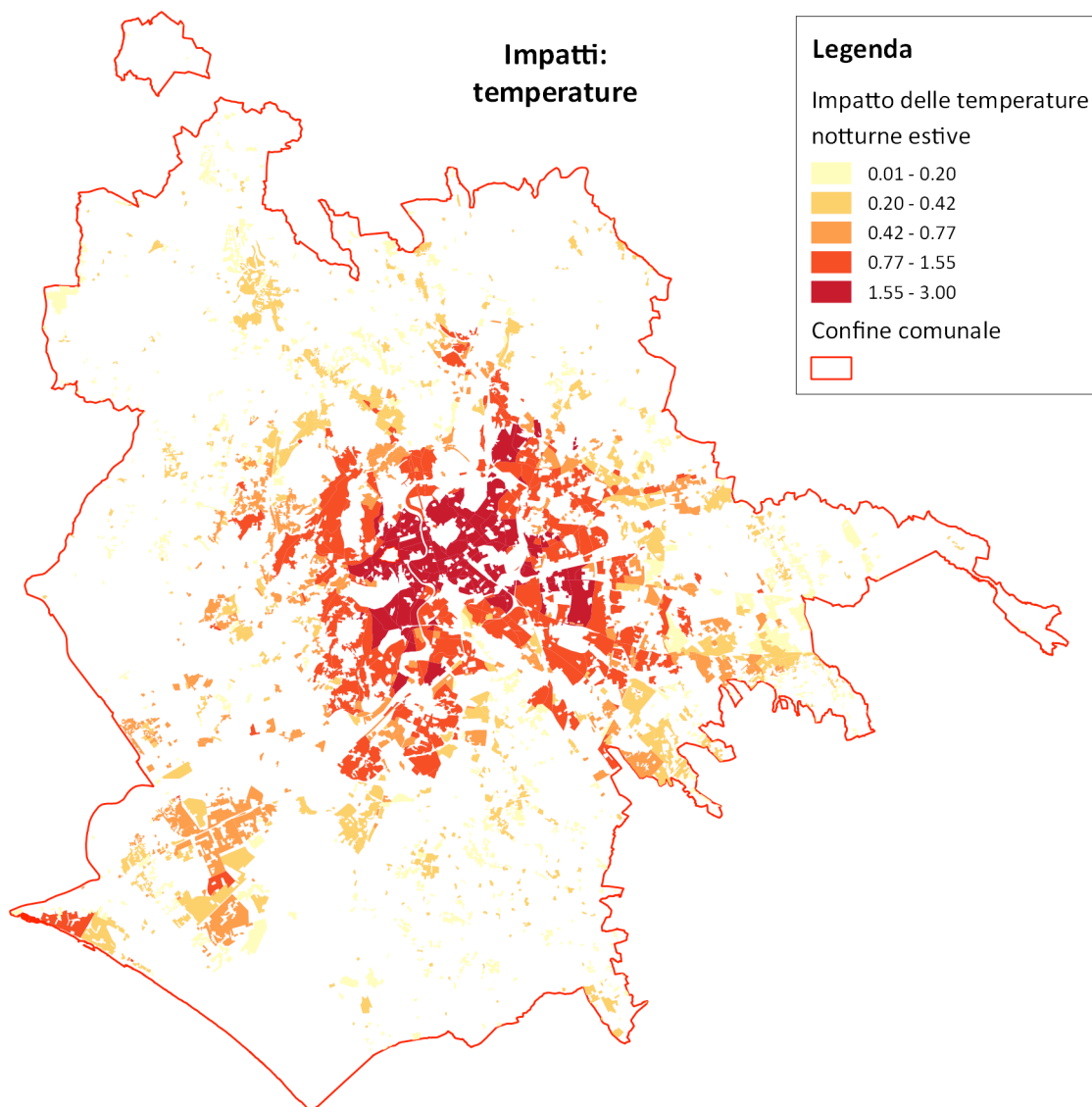
La definizione di impatto secondo l'IPCC (2007, p. 989) è la seguente:

*Consequences of climate change on natural and human systems. Depending on the consideration of adaptation, one can distinguish between potential and residual impacts. Potential Impacts – All impacts that may occur given a projected change in climate, without considering adaptation. Residual Impacts – The impacts of climate change that would occur after adaptation.*

Lo studio degli impatti mette in relazione i fattori di esposizione e sensibilità descritti sopra, in modo da evidenziare per ciascuna UdA – in base alle informazioni al momento disponibili – la gravità dei possibili impatti dei cambiamenti climatici. I livelli di impatto per ciascun fenomeno considerato sono stati calcolati come una funzione del rispettivo indicatore di esposizione e dell'indicatore di sensibilità aggregata.

Indici di impatto
$I1 = f(E1, S)$
$I2a = f(E2a, S)$
$I2b = f(E2b, S)$

### 3.6.1. Impatti delle ondate di calore (temperature notturne estive)

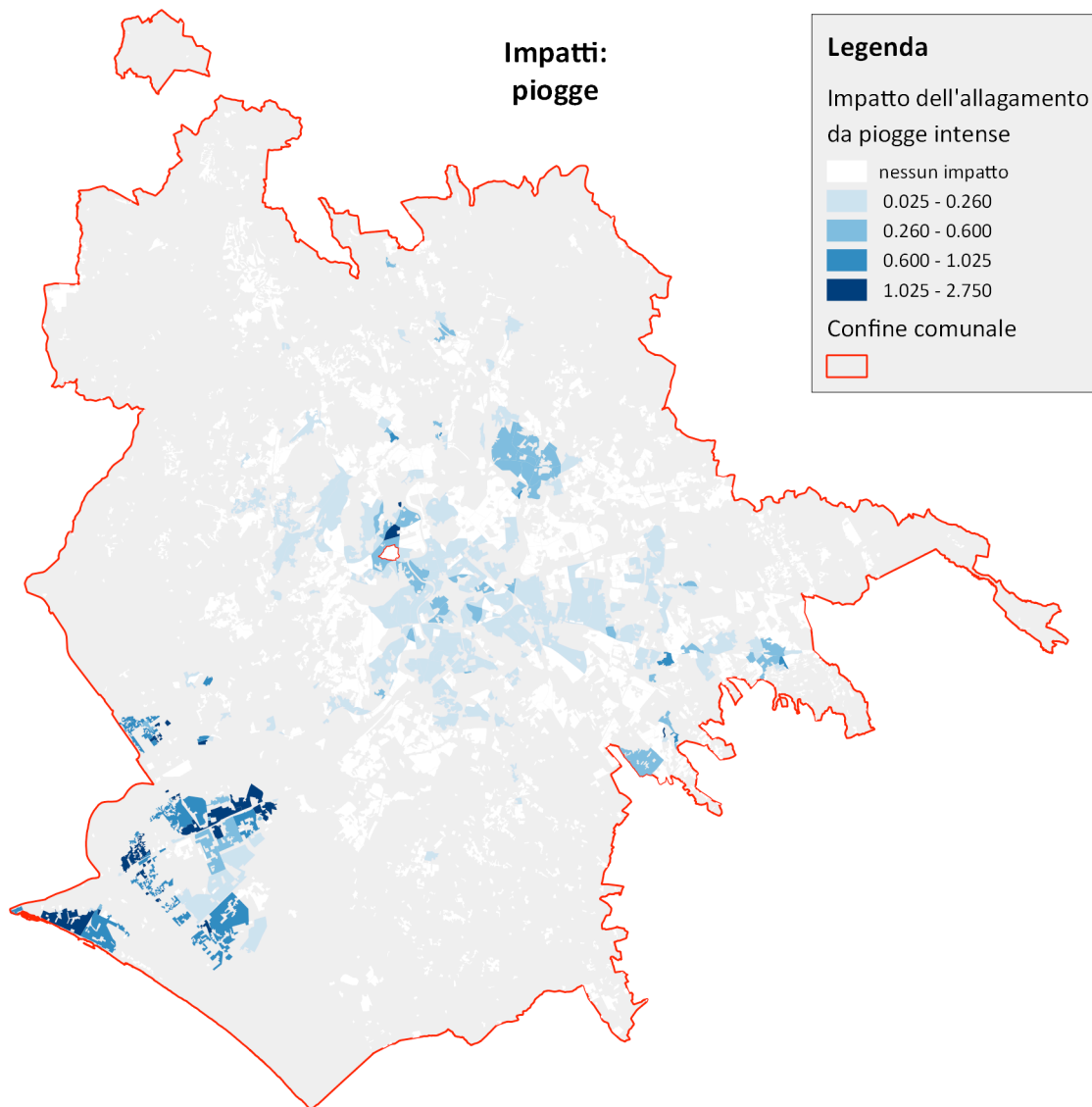


Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Impatto temperature elevate

L'impatto è stato calcolato moltiplicando il fattore di esposizione alle temperature con l'indice di sensibilità aggregata.

Le temperature elevate hanno effetti maggiori dove la sensibilità è maggiore e questo avviene soprattutto nel nucleo centrale di Roma, con punte massime nel centro storico, intorno al Vaticano e nei quartieri Centocelle e Monte Sacro.

### 3.6.2. Impatti dell'allagamento da piogge intense



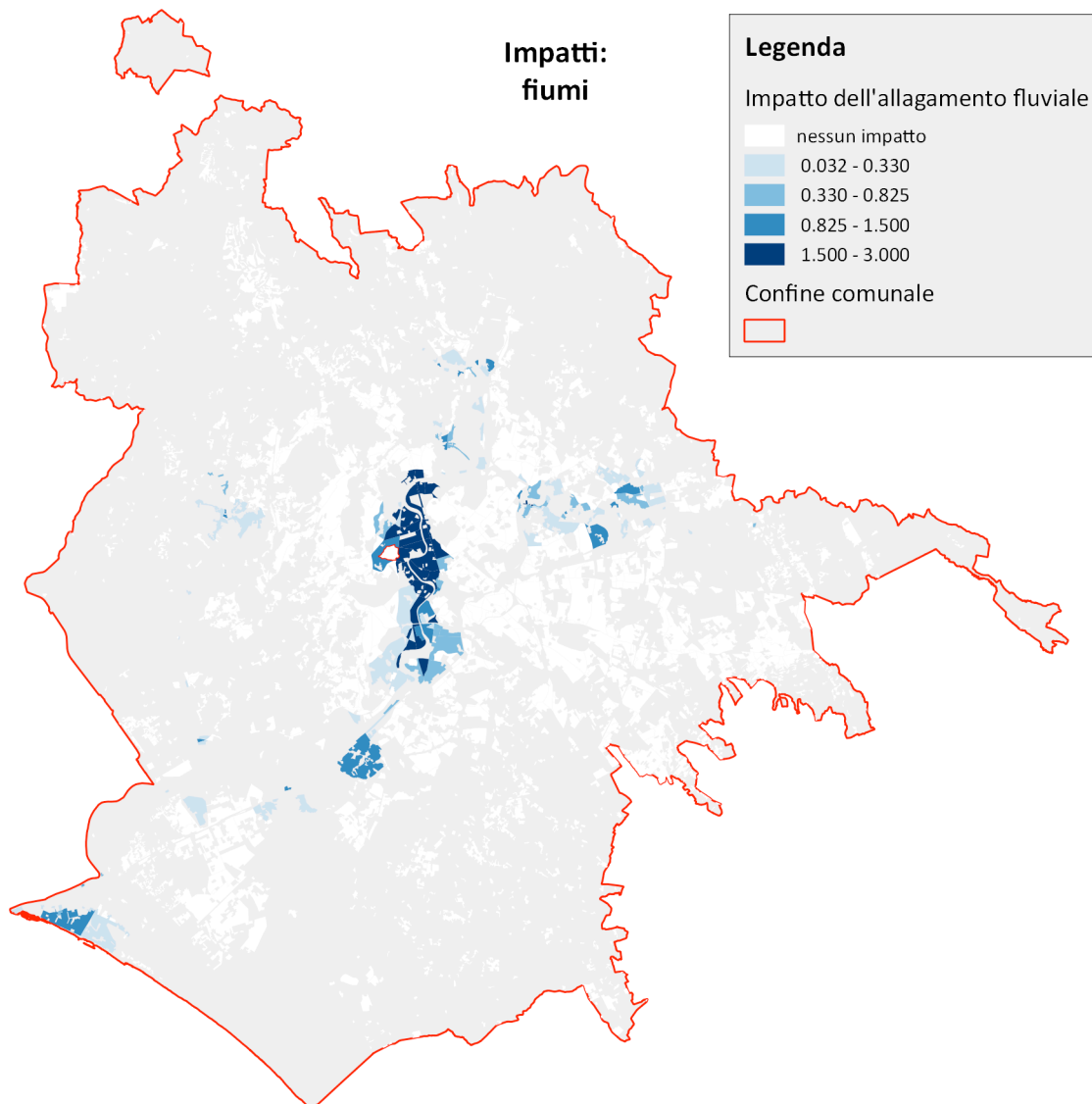
Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Impatto piogge

L'impatto è stato calcolato moltiplicando il fattore di esposizione all'allagamento da piogge intense con l'indice di sensibilità aggregata.

Prevedibilmente gli impatti sono concentrati nel decimo municipio della Capitale, in particolare ad Acilia e Ostia. Un altro punto critico è la zona di piazza Mazzini, mentre è impattato ma in maniera meno grave anche il quartiere Monte Sacro.



### 3.6.3. Impatti dell'allagamento fluviale



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Impatto allagamento fluviale

L'impatto è stato calcolato moltiplicando il fattore di esposizione all'allagamento fluviale con l'indice di sensibilità aggregata.

Le aree del centro storico in riva al Tevere sono tra le maggiormente interessate dagli impatti dei cambiamenti climatici. Interessati in maniera ridotta sono anche le aree tra via Tiburtina e il fiume Aniene ad est, i quartieri Decima e Torrino a sud e Ostia ponente sulla costa.

### 3.7. Capacità adattiva

Le definizioni di capacità adattiva e resilienza secondo l'IPCC (2007, p. 982; p. 993) sono:

*Adaptive capacity: The ability of a system to adjust to climate change (including climate variability and extremes) to moderate potential damages, to take advantage of opportunities, or to cope with the consequences.*

*Resilience: Amount of change a system can undergo without changing state.*

Si è scelto di sostituire il termine “capacità adattiva”, che riguarda aspetti socio-economici e che appare nello schema indicato sopra con il termine “resilienza” per sottolineare che il lavoro di ricerca si riferisce alla struttura fisica del sistema urbano piuttosto che alle risorse immateriali, difficili da valutare a scala infra-urbana. Il risultato atteso di questa ricerca è di formulare proposte nel campo della pianificazione territoriale. Sono stati quindi considerati tre fattori di resilienza, legati ad elementi residuali naturali che caratterizzano diverse parti della città:

- la prossimità alle infrastrutture verdi, intesa come il grado di adiacenza a ciascuna UdA alle aree verdi urbane e ai boschi;
- la presenza di vegetazione, stimata usando l'indice di vegetazione (NDVI, *Normalised Difference Vegetation Index*) derivato da immagini satellitari;
- la percentuale di suolo permeabile, calcolata come valore inverso dell'indice di *soil sealing* elaborato dall'EEA a livello europeo.

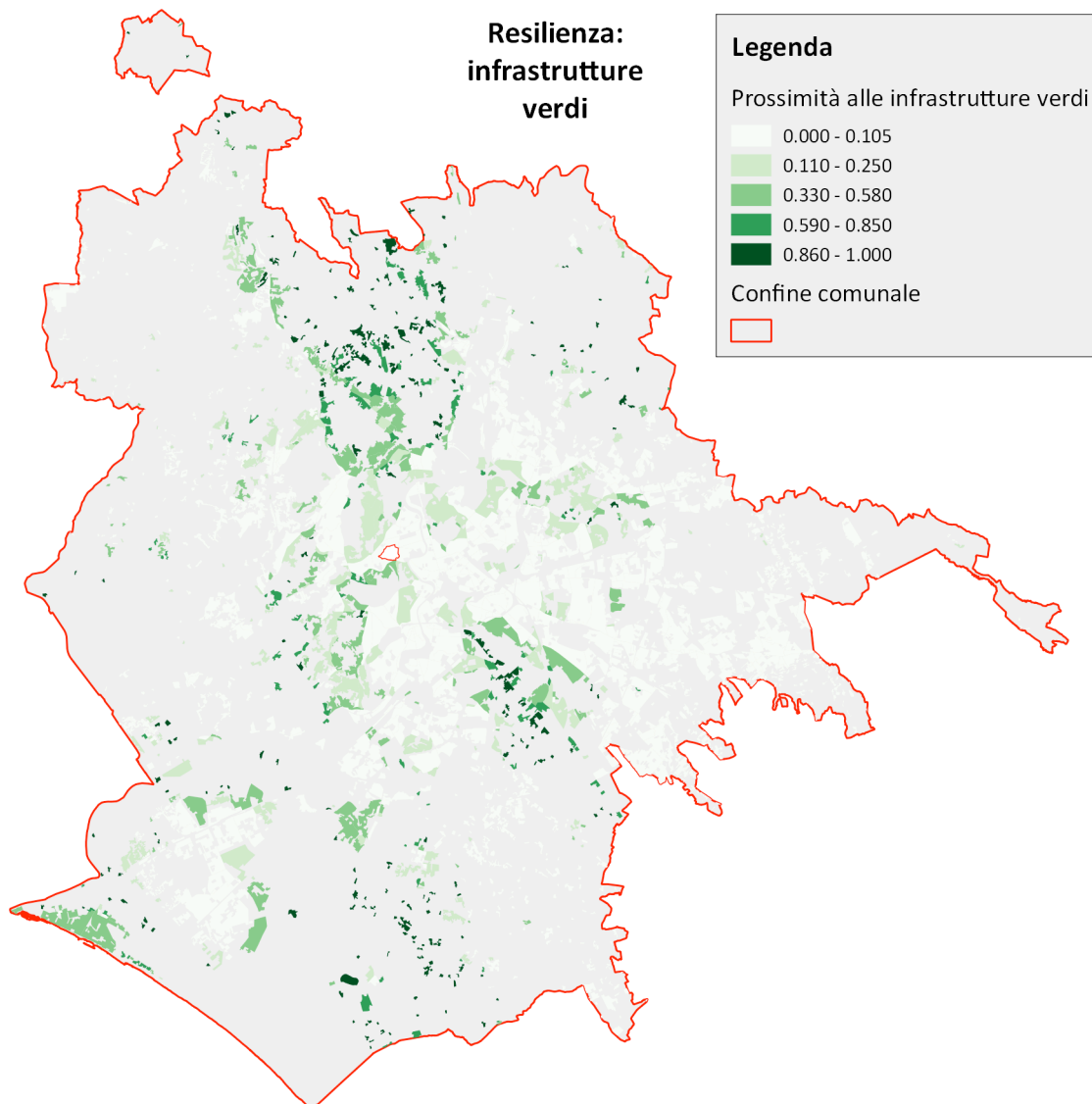
I valori legati ai tre fattori di resilienza appena indicati sono stati assegnati a ciascuna UdA per l'elaborazione delle relative mappe. Sulla base delle classi di resilienza è stato assegnato a ciascun fattore un indice da 1 a 0,9 che abbia la funzione di “riduttore” degli impatti.

R1: Prossimità alle infrastrutture verdi Indici assegnati: 0,9 - 0,92 - 0,95 - 0,97 - 1	R2: Indice di vegetazione Indici assegnati: 0,9 - 0,92 - 0,95 - 0,97 - 1	R3: Suolo permeabile Indici assegnati: 0,9 - 0,92 - 0,95 - 0,97 - 1
---	--	---

Poiché comunque non tutti i fattori di resilienza influiscono su ciascun impatto, sono stati elaborati tre indici di resilienza aggregati, specifici per ciascun fenomeno per essere utilizzati nel calcolo della vulnerabilità:

- RS1. Resilienza specifica al fenomeno delle temperature estive notturne, che include tutti e tre i fattori di resilienza;
- RS2a. Resilienza specifica al fenomeno dell'allagamento da piogge intense, che include il primo e il terzo;
- RS2a. Resilienza specifica al fenomeno dell'allagamento fluviale che include l'ultimo fattore di resilienza.

### 3.7.1. Prossimità alle infrastrutture verdi



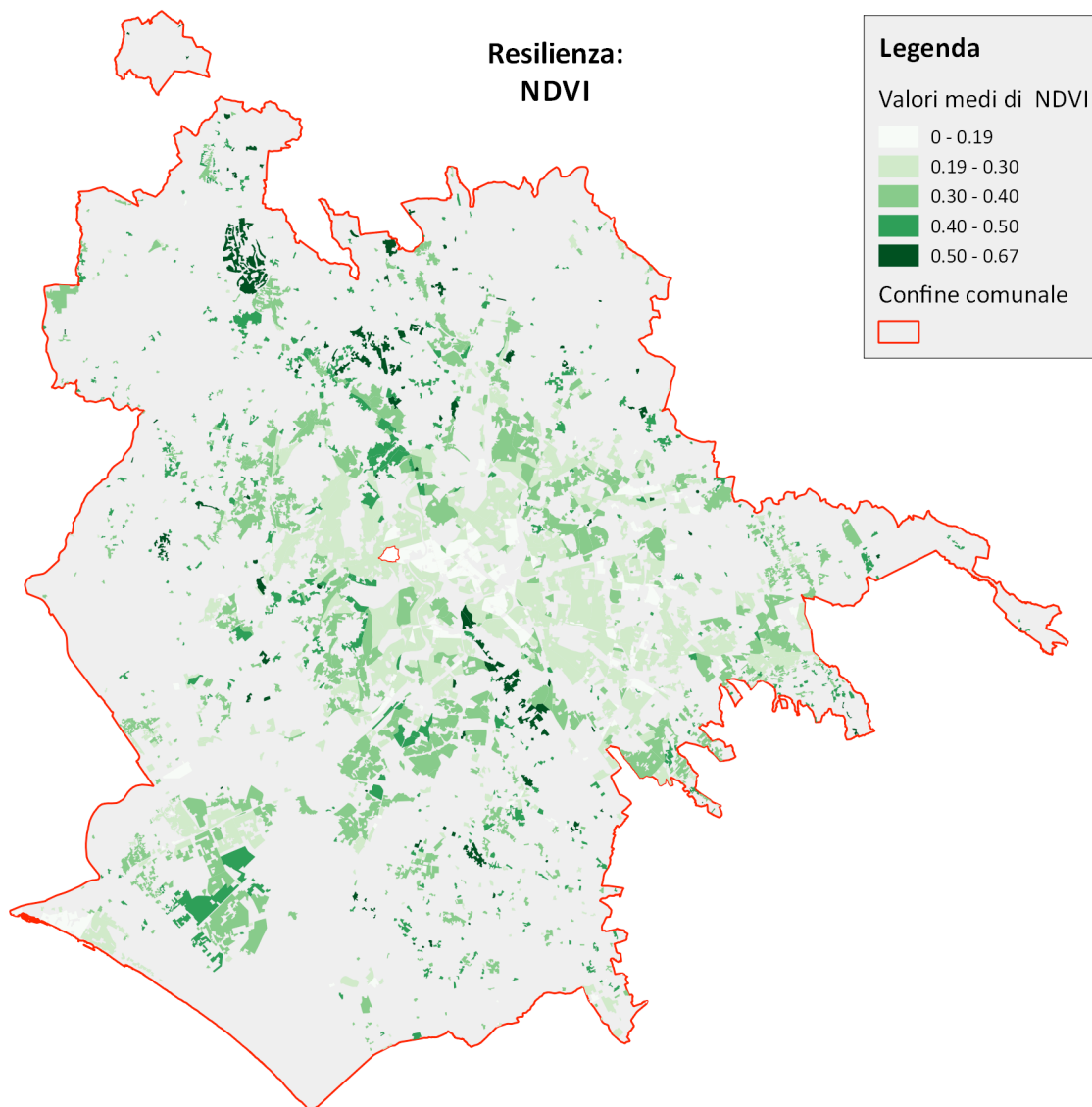
Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Resilienza infrastrutture verdi

La prossimità alle infrastrutture verdi è stata calcolata come il grado di adiacenza alle aree verdi urbane e ai boschi. Secondo un metodo di analisi di prossimità, è stata calcolata la percentuale del perimetro di ciascuna UdA adiacente ad aree verdi e/o di bosco. Per tenere conto dell'estensione delle singole UdA e delle aree verdi o di bosco adiacenti – entrambe influiscono considerevolmente sull'effetto di mitigazione – la percentuale di cui sopra è stata pesata con un indice variabile tra 0 e 1, legato all'estensione delle aree. I valori risultanti sono anch'essi variabili tra 0 e 1. I valori sono stati classificati in base al metodo degli intervalli naturali di Jenks. A ciascuna classe è stato poi assegnato un indice di resilienza variabile tra 0.9 e 1.

La presenza di parchi e aree verdi è chiaramente descritta in questa mappa, che mostra in particolare l'influenza della pineta di Castel Porziano nei pressi di Ostia e dei

parchi dell'Appia Antica e di Veio che arrivano a toccare aree semicentrali della città. Si nota, ma in maniera minore anche la presenza delle ville all'interno dell'area urbana, in particolare villa Doria Pamphili, villa Ada e villa Borghese.

### 3.7.2. Indice di vegetazione



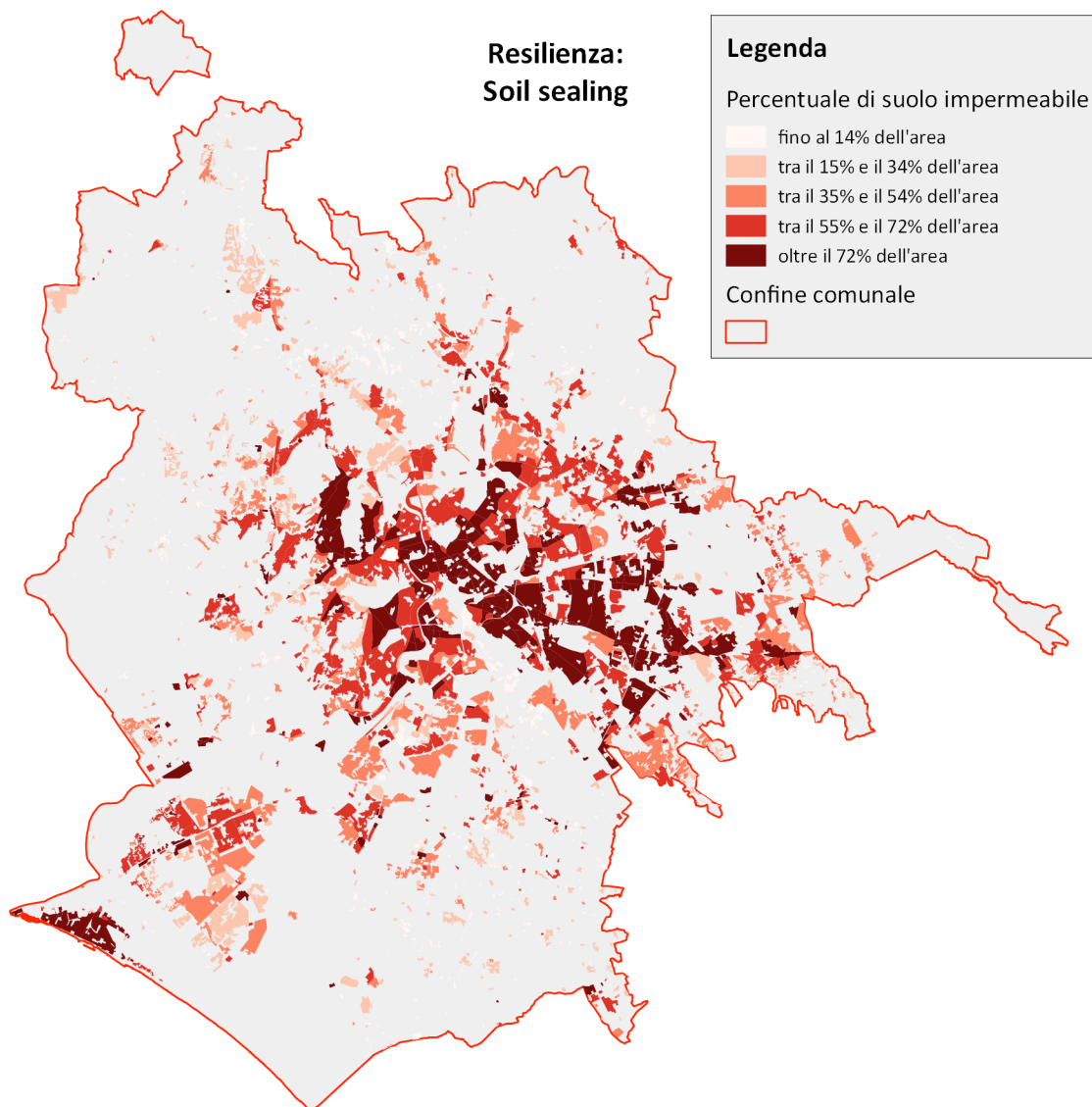
Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Resilienza NDVI

L'indice di vegetazione (NDVI) si ottiene da un'immagine satellitare multispettrale combinando i valori di riflettanza spettrale delle regioni della luce visibile e dell'infrarosso vicino. Il risultato permette di valutare la densità della vegetazione. In questo caso l'indice è stato calcolato a partire da una immagine satellitare Landsat 8 a 30 metri di risoluzione del 27 luglio 2013. A ciascuna UdA è stata assegnata la media dei valori NDVI presenti al suo interno. Le aree con vegetazione più densa riportano generalmente valori di NDVI compresi tra 0,3 e 0,8. I suoli nudi mostrano valori

compresi tra 0,1 e 0,3. I corpi d'acqua, la neve e le nuvole hanno valori leggermente positivi o negativi. I valori sono stati classificati usando sei intervalli secondo il metodo della deviazione standard, unendo poi i primi due in modo da dare maggiore importanza ai valori di NDVI più alti, che indicano la presenza di vegetazione. A ciascuna classe è stato poi assegnato un indice di resilienza compreso tra 0,9 e 1.

Questa mappa può sembrare simile alla precedente, ma è utile mettere in luce il fatto che rappresentano due fenomeni diversi. La prima rappresenta l'adiacenza degli spazi verdi alle aree urbane. La mappa descritta sopra indica invece la presenza di verde all'interno dell'area urbana. In questo caso spiccano i quartieri suburbani con ampi spazi verdi, quali Casal Palocco, Eur, Appio Latino e La Storta.

### 3.7.3. Suolo permeabile



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Resilienza *soil sealing*

La mappa del *soil sealing* con risoluzione di trenta metri elaborata dall'agenzia ambientale europea (EEA) è la base di questa mappa, in cui a ciascuna UdA è stata assegnata la media dei valori trovati al suo interno. I valori sono stati classificati secondo il metodo degli intervalli naturali di Jenks. A ciascuna classe è stato assegnato un indice compreso tra 0,9 e 1.

I suoli maggiormente impermeabilizzati si concentrano, oltre che nel centro storico, nella periferia est compresa tra Tiburtina e Appia, nei quartieri Torrevecchia, Primavalle e Monteverde a ovest e a Ostia.

### 3.8. Vulnerabilità

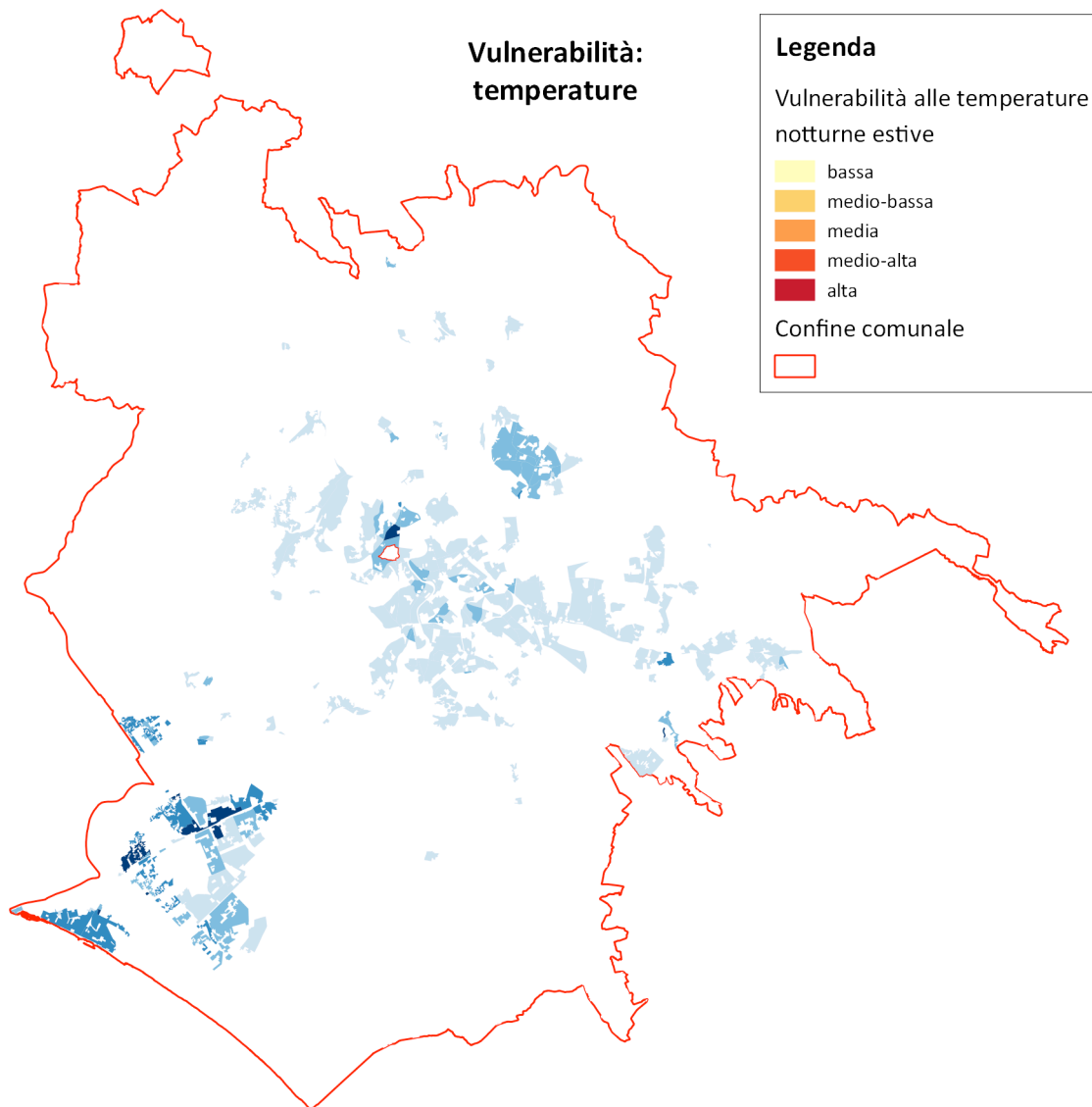
La definizione di vulnerabilità secondo l'IPCC (2001, p. 995) è la seguente:

*Vulnerability: The degree to which a system is susceptible to, or unable to cope with, adverse effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability is a function of the character, magnitude and rate of climate variation to which a system is exposed, its sensitivity and its adaptive capacity.*

L'ultimo passo del lavoro fatto dal gruppo di ricerca si esplica nell'elaborazione dei tre indici di vulnerabilità rispetto ai tre fenomeni climatici e nell'ulteriore calcolo di un indice di vulnerabilità complessiva. I valori sono stati calcolati moltiplicando gli indici di impatto per i rispettivi indici di resilienza specifici per ciascun fenomeno, mentre l'indice di vulnerabilità aggregata risulta dalla somma dei singoli indici. Per ciascun indice è stata elaborata una mappa.

$V1 = f(I1, RS1) = f(E1, S, RS1)$	$V2a = f(I2a, RS2a) = f(E2a, S, RS2a)$	$V2b = f(I2b, RS2b) = f(E2b, S, RS2b)$
$V = V1 + V2a + V2b$		

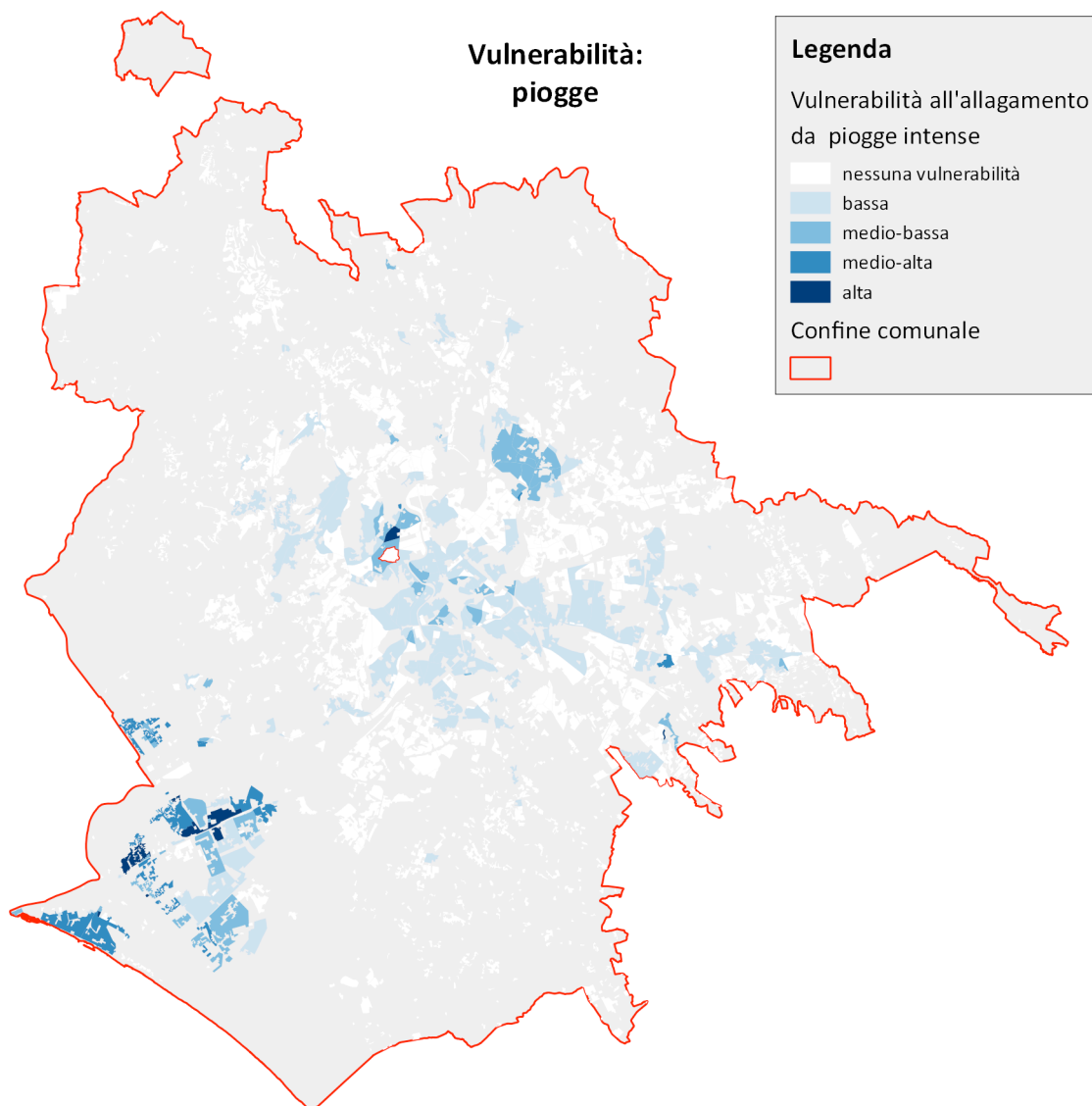
### 3.8.1. Vulnerabilità alle ondate di calore



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Vulnerabilità temperature elevate

Questa mappa mette in luce prevedibilmente la vulnerabilità del centro storico, dove la scarsità di spazi verdi e l'alta impermeabilità non attenuano l'impatto del calore. Al di fuori di questa zona si segnalano anche quartieri semicentrali come Prenestino, Casilino e Centocelle a est, Trastevere e Monteverde a ovest e Prati Fiscali a nord-est.

### 3.8.2. Vulnerabilità all'allagamento da piogge intense

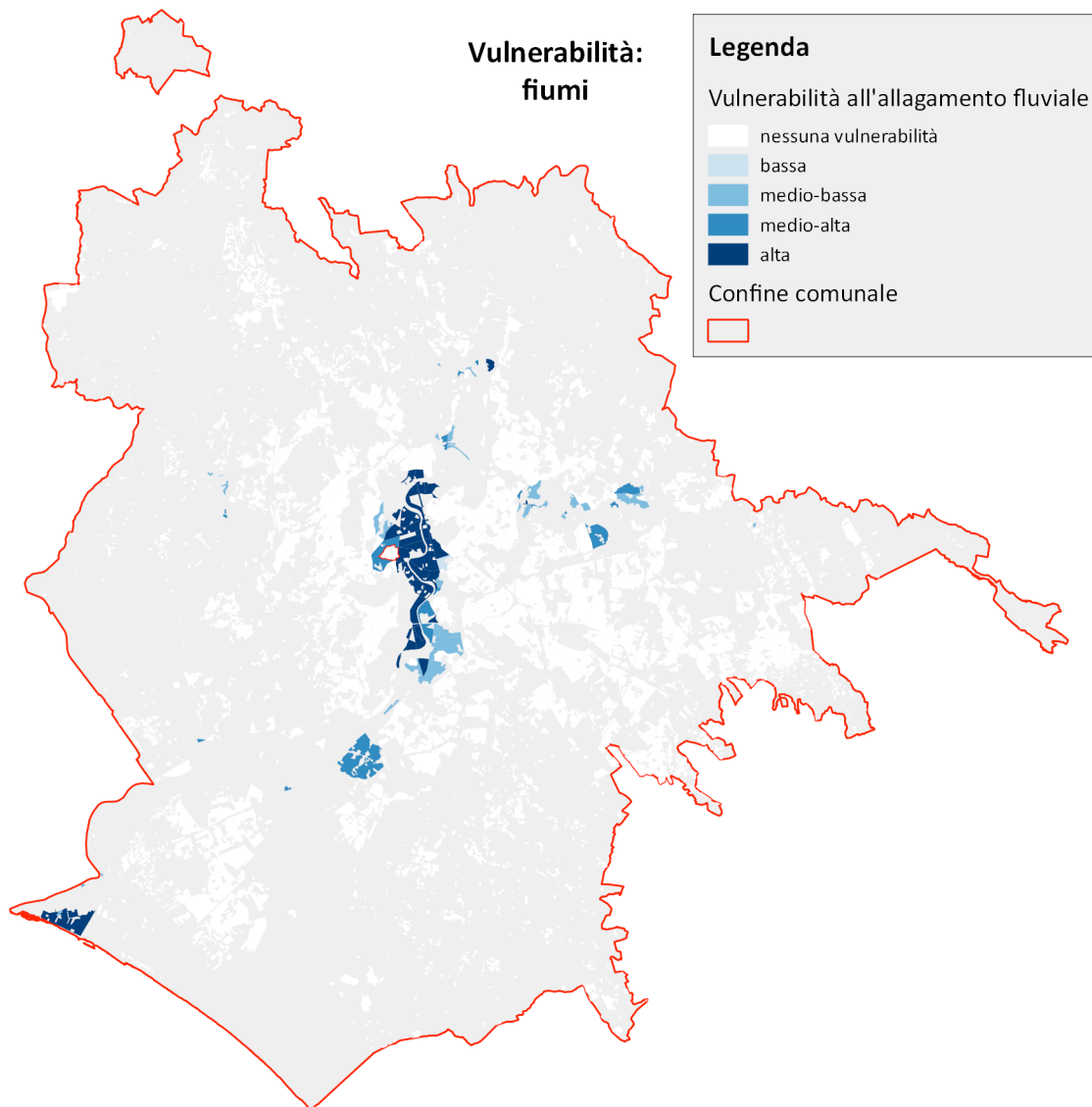


Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Vulnerabilità piogge

Le aree maggiormente vulnerabili al fenomeno delle piogge intense sono concentrate in particolare nel quartiere Della Vittoria, ad Acilia e a Ostia Antica. Spiegano questi eventi la vicinanza del fiume nel primo quartiere e la scarsa elevazione del terreno – allo stesso livello del mare o appena al di sotto – negli altri due. In altre zone di Roma l'impatto è invece moderato da una maggiore permeabilità del terreno e dalla presenza di aree verdi.



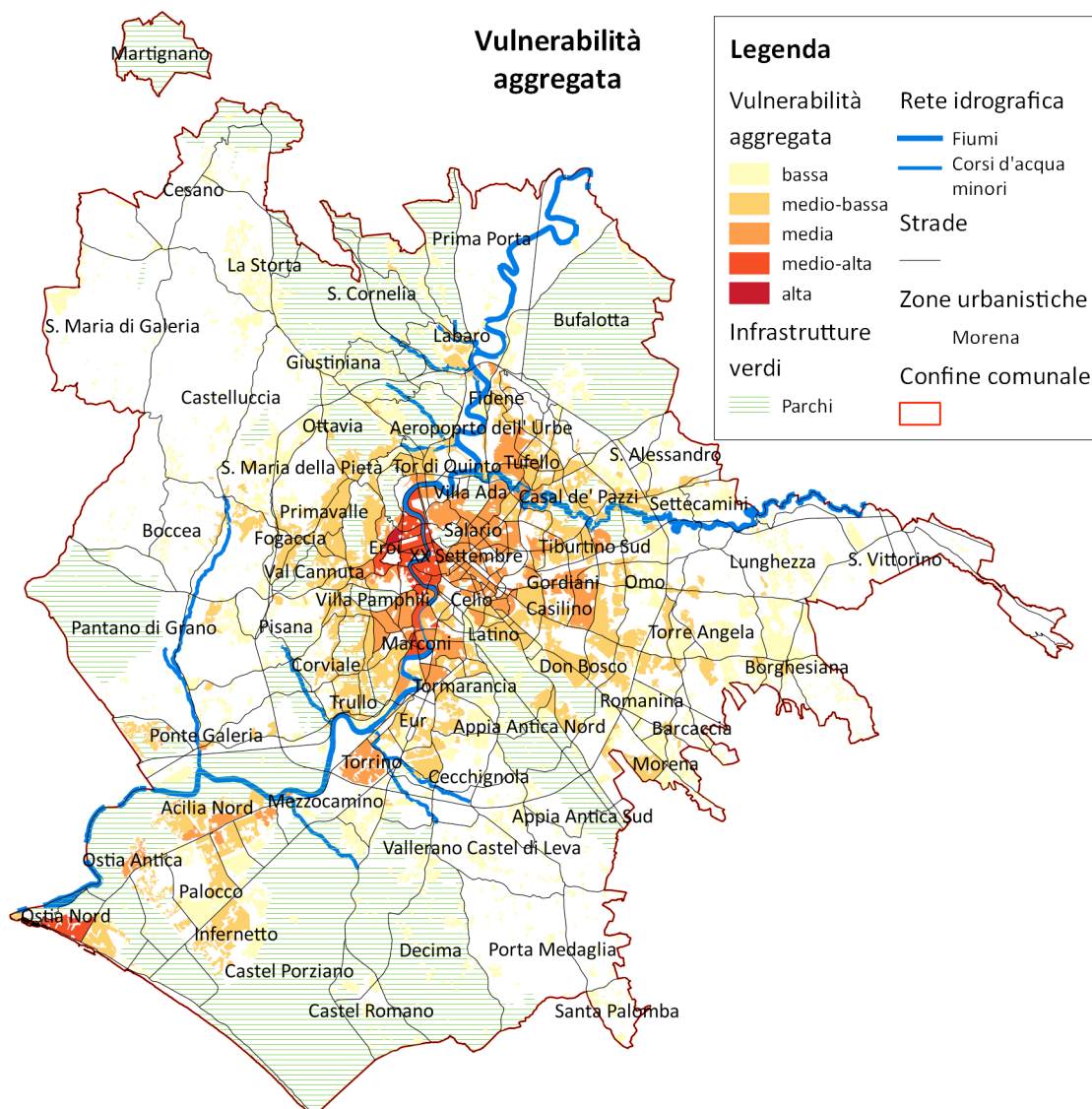
### 3.8.3. Vulnerabilità all'allagamento fluviale



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 – Vulnerabilità fiumi

Le esondazioni fluviali mettono a rischio diverse aree centrali di Roma. In confronto alla mappa degli impatti appare che i fattori di resilienza riescano a contrastare ben poco gli effetti di questi eventi.

### 3.9. Geografia dei cambiamenti climatici: vulnerabilità complessiva



Carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0 - Vulnerabilità complessiva

La mappa della vulnerabilità aggregata, risultante dalla somma delle tre vulnerabilità ai singoli fenomeni climatici rappresenta il prodotto finale della CVCR 1.0. Come già segnalato nelle mappe precedenti, la vulnerabilità è minore nelle aree periferiche, grazie alla minore densità del costruito e della popolazione, oltre alla presenza di aree verdi. Fa eccezione l'area a sud-ovest del comune, con i quartieri di Ostia, Acilia e Casal Palocco. In questo caso influiscono la vicinanza del fiume e l'incidenza degli allagamenti da pioggia. Le aree semicentrali sono caratterizzate da una vulnerabilità media o medio-alta: la città si fa più densa ed è maggiormente abitata da persone anziane. Nel centro storico la situazione è più critica perché alla maggiore densità dell'edificato si unisce la vicinanza del Tevere che mette a rischio un'ampia parte dell'area centrale.

Parallelamente a questa interpretazione per aree concentriche va segnalata la presenza di due cunei verdi, entrambi parchi archeologici, che attenuano la vulnerabilità della Città Eterna. A sud il parco dell'Appia Antica, che arriva a toccare le mura aureliane e contribuisce a ridurre gli impatti nelle zone circostanti di Roma sud. A nord il parco di Veio che raggiunge la zona di Vigna Clara e che produce effetti simili sui quartieri di nord-ovest.

### **3.10. Cambiamenti climatici a Roma: altre attività**

In tempi recenti un'importante iniziativa nel campo dello studio dei cambiamenti climatici a Roma è stata l'iniziativa *100 Resilient Cities*, finanziata dalla Rockefeller Foundation, che riunisce appunto 100 città di tutto il mondo per lavorare sui temi della resilienza attraverso per esempio l'approfondimento di conoscenze, la scelta di temi prioritari e l'elaborazione di strategie. Roma è stata scelta tra queste città: nel 2013 il Comune ha intrapreso il processo di elaborazione condivisa di una strategia di resilienza che comprenderà tra i diversi aspetti anche la questione dei cambiamenti climatici. Nei primi mesi del 2016 è stato pubblicato il rapporto di valutazione preliminare (Roma Resiliente, 2016), che presenta i primi risultati e pone le basi per gli sviluppi futuri.

La strategia utilizza come quadro di riferimento il City Resilience Framework, che si sviluppa attraverso quattro dimensioni e dodici driver. Questi aspetti aiutano a leggere i problemi della città attraverso una chiave diversa da quelle tradizionali. Il percorso di elaborazione della strategia è stato costellato da eventi di coinvolgimento di un ampio numero di portatori di interesse della città, attraverso seminari, focus groups, questionari ed eventi pubblici. Il rapporto di valutazione preliminare rende conto appunto di questa prima fase conoscitiva.

Sulla base del quadro di riferimento citato sopra, il gruppo di lavoro ha costruito lo scenario di Roma Resiliente, indicando punti di forza e debolezza. Con i portatori di interesse sono state discusse le tendenze esogene in diversi ambiti che potranno avere impatti su Roma nel futuro, tra le quali vale la pena segnalare in questo contesto un aumento degli effetti dei cambiamenti climatici sulla città. Il passo successivo è stato l'identificazione di cinque classi di *asset* critici – tra i quali il sistema delle infrastrutture di trasporto – sui cui i portatori di interessi sono stati consultati attraverso lo strumento del *focus group*. In questo modo sono stati individuati gli *shock* e gli *stress* rilevanti per gli *asset* di competenza dei diversi portatori di interesse. Da questo lavoro è risultato che i cambiamenti climatici sono percepiti da molti come un tema rilevante per il quale aumenteranno gli impatti in futuro. L'elaborazione dello scenario si è chiusa con la segnalazione da parte dei partecipanti alle varie attività di un totale di 120 azioni di resilienza.

Dopo aver analizzato punti di forza e di debolezza, tendenze esogene, shock e stress rilevanti, il gruppo di lavoro di Roma Resiliente ha identificato cinque aree prioritarie di resilienza, tra cui è di interesse per chi scrive quella riguardante sistemi, patrimoni e reti. Per ciascuna area sono indicati gli attori principali, i diversi fattori analizzati nella fase precedente, le azioni di resilienza, sette domande di sviluppo e le città partner

coinvolte. A riguardo dei trasporti, una delle domande affronta il tema della mobilità sostenibile e resiliente, di particolare interesse per questa tesi.

È da queste cinque aree e 35 azioni che dovrà partire la seconda fase, che comprenderà un approfondimento dei risultati ottenuti, nuove attività di ricerca e partecipazione per poi arrivare a identificare le azioni vere e proprie, procedendo poi con la loro valutazione. La seconda fase si concluderà con la costruzione della strategia di resilienza. Purtroppo l'imminenza delle elezioni comunali, previste per il prossimo 5 giugno, ha temporaneamente rallentato la prosecuzione del progetto.

## 4. TPL romano e cambiamenti climatici

### 4.1. Introduzione

In questo capitolo si affronta il caso di Roma e del suo sistema di trasporti pubblici. Si è giunti a questo punto attraverso una serie di contatti con l'azienda che gestisce i trasporti pubblici a Roma, l'Atac. Per fornire la descrizione del contesto in cui la ricerca si è mossa, il paragrafo successivo illustra lo stato di fatto e gli sviluppi futuri della rete di trasporti pubblici di Roma.

L'evento di pioggia intensa del 31 gennaio 2014 è stato lo stimolo che ha spinto la ricerca verso l'oggetto di studio di questo capitolo. In quella giornata il profilo istituzionale di Twitter dell'Atac (@infoatac), attivo nelle segnalazioni all'utenza riguardanti il funzionamento della rete di trasporto pubblico, trasmetteva continuamente notizie di interruzioni e deviazioni del servizio dovute al maltempo. All'interno del lavoro per la CVCR descritta nel capitolo precedente, si ritenne interessante inizialmente trascrivere i numerosi *tweet* e successivamente dare loro una localizzazione su mappa tramite strumenti GIS. L'idea di base era quindi capire in quali punti la rete fosse stata maggiormente affetta da un evento meteorologico eccezionale in passato per comprendere dove e come agire perché questo non accadesse in futuro.

Ferma restando la qualità del dato proveniente dai *tweet* trasmessi dall'Atac, chi scrive ha immaginato che l'agenzia registrasse internamente questo genere di eventi al di là della singola segnalazione sui *social network*. L'inizio della collaborazione con l'Atac ha quindi reso possibile l'accesso a dati di questo genere, per la rete di superficie, attraverso lo strumento del fonogramma. Il terzo paragrafo illustra meglio il lavoro fatto sui fonogrammi per lo studio degli effetti degli eventi meteorologici estremi. Qui basti dire che sono stati analizzati 23 giorni rappresentativi di eventi di pioggia intensa e calore estremo e quattro giorni di controllo per escludere *bias*.

Dallo studio dei punti e delle linee che hanno subito gli effetti degli eventi meteorologici estremi risultano dati sulle ricorrenze degli eventi in diverse giornate e sul numero di linee influenzate da un singolo evento. Una volta compreso dove si verificano più frequentemente disservizi è possibile immaginare possibili interventi di adattamento dei trasporti pubblici ai cambiamenti climatici, tema sviluppato nel prossimo capitolo.

### 4.2. Il sistema di TPL romano

Il sistema dei trasporti pubblici a Roma è di dimensioni particolarmente ridotte se si guarda allo sviluppo della città, poco densa e cresciuta soprattutto in termini di

superficie verso le zone periferiche. All'interno di questo paragrafo si descrivono la rete attuale e i suoi sviluppi futuri, in costruzione e in progetto.

#### 4.2.1. La rete allo stato attuale

La rete della metropolitana comprende a maggio 2016 tre linee, 74 stazioni e 60 km di percorso. La prima linea (**B**) ha aperto nel febbraio 1955 tra le stazioni Laurentina e Termini, con un percorso tra la periferia sud e il centro. Nel dicembre 1990 è stata rinnovata nel tratto esistente, e prolungata fino alla stazione Rebibbia, nella periferia nord-est. Il mese di giugno del 2012 ha visto l'inaugurazione della diramazione Bologna-Conca d'Oro, denominata linea B1, ulteriormente prolungata fino alla stazione Jonio il 21 aprile 2015. La linea **A**, in costruzione dagli anni Settanta, ha visto la luce nel febbraio 1980 tra le stazioni Ottaviano e Cinecittà per essere prolungata al capolinea definitivo di Anagnina pochi mesi dopo. Il tratto più recente, tra le stazioni Ottaviano e Battistini, ha aperto tra maggio 1999 (Ottaviano-Valle Aurelia) e gennaio 2000 (Valle Aurelia-Battistini). Attesa da più di dieci anni, la terza linea (**C**) è stata inaugurata il 9 novembre 2014 tra le stazioni Parco di Centocelle e Montecompatri-Pantano, nell'estrema periferia est. La metropolitana ha raggiunto zone più centrali il 29 giugno 2015, fino al nuovo capolinea di Lodi.

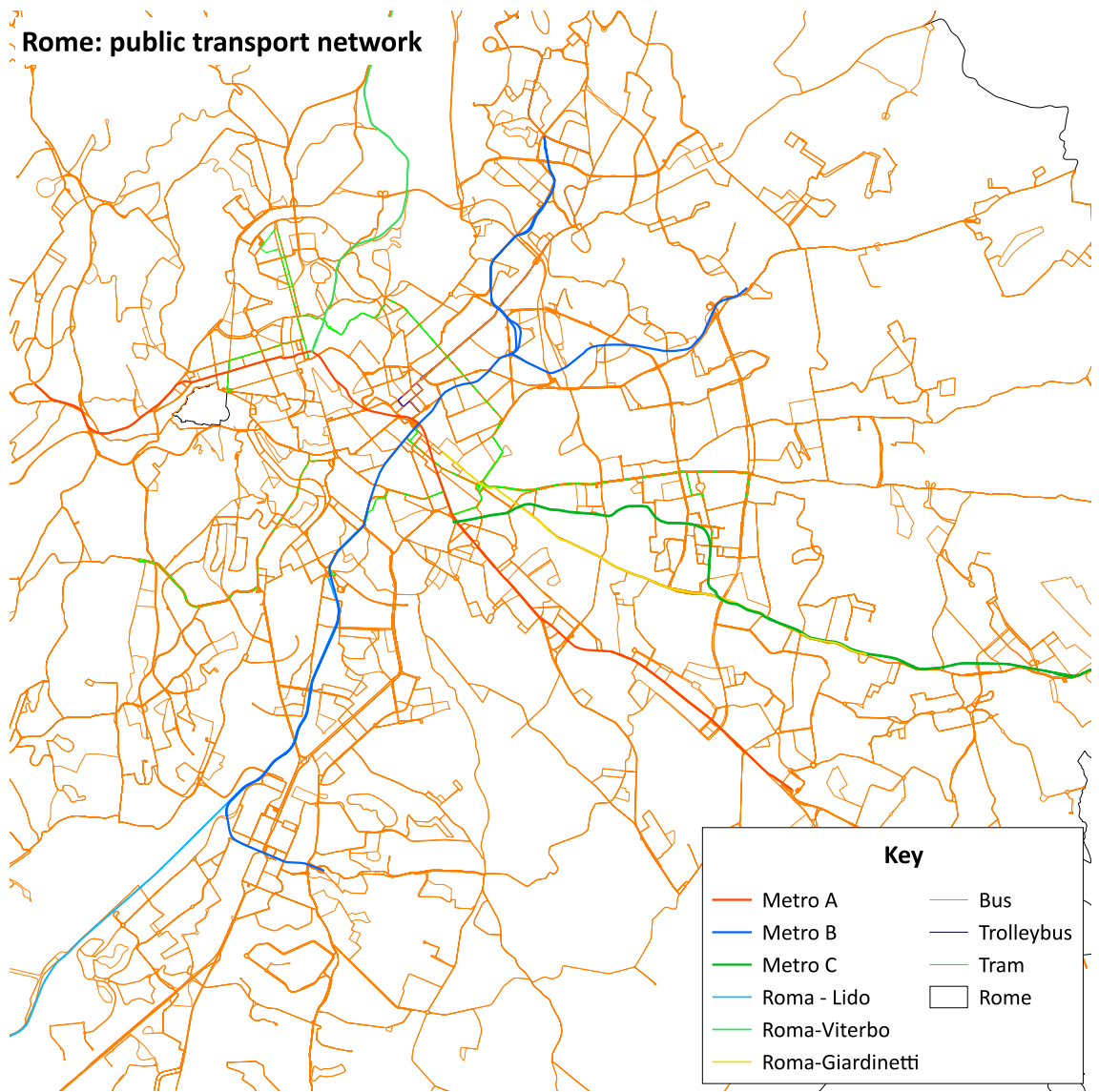
In generale, i problemi e gli ostacoli che la città ha dovuto affrontare nella costruzione delle linee di metropolitana sono stati di natura burocratica e archeologica. La difficoltà nel fare avanzare progetti di trasporto pubblico e la relativa facilità nel trovare resti archeologici in centro come in periferia hanno contribuito all'aumento dei tempi e dei costi di costruzione (Delpirou, 2014).

Di complemento alla rete metropolitana sono le cosiddette ferrovie concesse, gestite dalla Regione Lazio. La linea **Roma-Lido** fornisce un servizio di tipo metropolitano tra Porta San Paolo, nel centro della città, e Ostia, passando attraverso la periferia sud-ovest. La linea **Roma-Civitacastellana-Viterbo** opera un servizio urbano tra le stazioni Flaminio e Montebello, passando per i sobborghi a nord di Roma e offre un servizio extraurbano fino a Viterbo. Il servizio della terza linea (**Termini-Giardinetti**), attualmente limitato a Centocelle, è simile a quello di un tram, e collega la stazione principale della città alla periferia est, parzialmente in sovrapposizione all'attuale linea **C** della metropolitana.

Il servizio ferroviario regionale operato da Trenitalia collega Roma e le città circostanti con un sistema suburbano comprendente otto linee: FL1 Fiumicino-Roma-Orte-(Firenze), FL2 Roma-Tivoli-(Pescara), FL3 Roma-Viterbo-(Attigliano), FL4 Roma-Albano/Frascati/Velletri, FL5 Roma-Civitavecchia-(Pisa), FL6 Roma-Cassino-(Napoli), FL7 Roma-Formia-(Napoli), FL8 Roma-Nettuno.

La rete di tram, un tempo particolarmente estesa, è stata gradualmente sostituita dai filobus negli anni Trenta e dagli autobus tra gli anni Settanta e Ottanta, fino ad arrivare alle attuali sei linee (Passalacqua, 2014), di cui due ripristinate negli ultimi 25 anni (linea 2, aperta come 225 a giugno del 1990 in occasione dei campionati mondiali di calcio; linea 8, inaugurata a marzo del 1998). Anche la sorte dei filobus è stata di progressiva riduzione ed eliminazione completa, trend invertito con la messa in

funzione della linea 90 express nel 2007, tra la stazione Termini e il quartiere Fidene, a Roma nord. Il trasporto su autobus – gestito dalla stessa Atac (276 linee, di cui 10 cimiteriali, 30 notturne e 12 collegamenti con i depositi) e dal consorzio Roma TPL (107 linee, di cui 4 cimiteriali) – è quindi il modo di trasporto più diffuso nella città, contando in totale oltre 300 linee e 3500 km di rete.



Rete di trasporto pubblico di Roma. Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

#### 4.2.2. La rete in progetto

A livello ufficiale e ufficioso esistono progetti per l'espansione della rete di trasporto pubblico di Roma che riguardano tutti i modi di trasporto.

Per quanto riguarda la metropolitana è in dirittura di arrivo il prolungamento della linea **C** a San Giovanni, futura stazione di interscambio con la linea **A**. È in costruzione anche il successivo tratto di due fermate, atteso per il 2020, fino alla stazione del Colosseo, che permetterà ai passeggeri di raggiungere la linea **B**. Esistono altri progetti

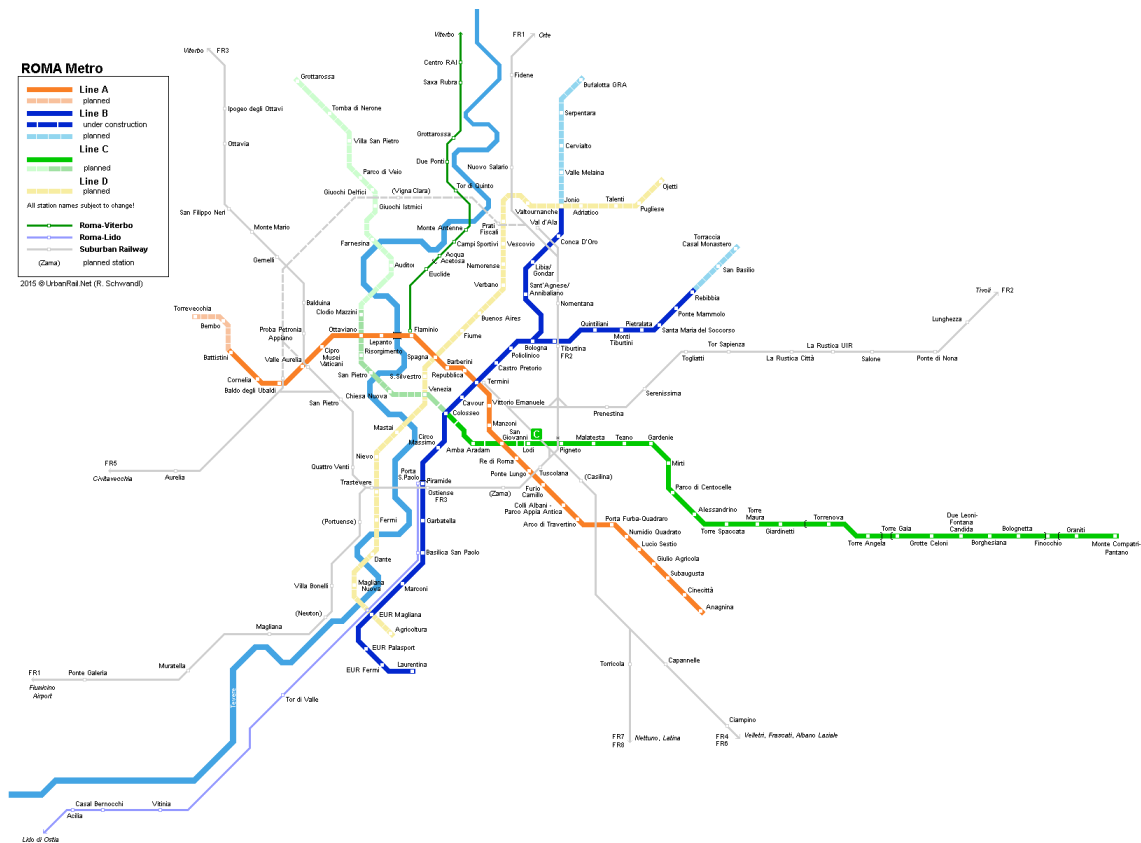
di espansione che non sono stati confermati ufficialmente o la cui costruzione non ha ancora avuto inizio. Questi sono, per esempio, il prolungamento della linea **A** dal capolinea Battistini verso il quartiere Torrevecchia e le due rami della linea **B**, rispettivamente tra Rebibbia e la zona di Casal Monastero e tra Jonio e l'area della Bufalotta. Sempre per quanto riguarda la linea **B** si è discusso negli ultimi mesi dell'opportunità di un'ulteriore diramazione a sud, dalla stazione Eur Magliana verso il futuro stadio della A.S. Roma presso Tor di Valle. In alternativa a questo progetto è stata avanzata l'opzione del potenziamento della ferrovia **Roma-Lido**, che già serve l'area di Tor di Valle con l'omonima stazione. Ulteriori prolungamenti della linea **C** sono previsti nel lungo periodo verso piazzale Clodio e l'area di Vigna Clara, con l'incognita dei possibili ritrovamenti archeologici in corrispondenza delle stazioni più centrali. La quarta linea della metropolitana (**D**) dovrebbe collegare i quartieri EUR e Montesacro passando per il centro della città, ma il condizionale è d'obbligo, poiché non risultano progetti definitivi né sono stati stanziati finanziamenti per la sua costruzione.

Per quanto riguarda i tram va evidenziato che sono stati fatti diversi annunci di nuove linee o di nuovi servizi effettuati sull'infrastruttura esistente, rinnovati durante la campagna elettorale in corso per il Comune, ma questi non sono stati attuati. Sono stati previsti: un collegamento tra piazza Venezia (attuale capolinea della linea 8) e la stazione Termini (raggiunta da 5 e 14) attraverso via dei Fori Imperiali e via Cavour; una nuova linea tra i quartieri Parioli e Prati attraverso il Parco della Musica e via Guido Reni; un collegamento tra San Giovanni e il Pigneto; altri collegamenti lungo la via Ostiense, viale Giustiniano Imperatore e via Cristoforo Colombo. A maggio 2016, nessuno di questi progetti risulta finanziato o in costruzione.

Lungo la via Laurentina è in costruzione un percorso di filobus in sede protetta (chiamato Corridoio della Mobilità) tra il capolinea della metropolitana e il quartiere Fonte Laurentina, di recente costruzione. Sulla parte di corsia protetta attualmente in funzione già adesso transitano alcune linee di autobus. A fine novembre 2015 sono arrivati nel deposito di Tor Pagnotta i primi filobus che serviranno il corridoio della mobilità, mentre tra febbraio e marzo 2016 è stato varato il ponte sul GRA che collega il deposito di Tor Pagnotta con il quartiere Fonte Laurentina. Nei prossimi anni è prevista la costruzione di altri corridoi di questo genere nel resto della città. In generale le corsie protette non hanno avuto molto successo in città. In passato molti cordoli in cemento sono stati sostituiti da boe di gomma più facilmente sormontabili da motorini e automobili, di fatto lasciando una separazione quasi esclusivamente visiva e non una barriera tra i mezzi pubblici e il traffico privato.

Infine, per quanto riguarda gli autobus, l'agenzia della mobilità ha iniziato nel 2014 un processo di razionalizzazione delle linee – che però si è fermato dopo il prolungamento della linea **C** nell'estate del 2015 – che riduce le linee meno utilizzate e allo stesso tempo ne istituisce altre su percorsi con maggiore domanda.





Rete futura di trasporto pubblico di Roma. Fonte: <http://urbanrail.net/eu/it/rom/roma-map-proj.png> [consultato il 01.12.2015]

### 4.3. Lo studio dei dati dell'Atac

Questa sezione della tesi ha come obiettivo la localizzazione e mappatura degli effetti di eventi meteorologici intensi sulla rete del trasporto pubblico di superficie (autobus, filobus e tram) di Roma.

La descrizione del TPL capitolino nel paragrafo precedente evidenzia l'ampiezza e la capillarità della rete del trasporto pubblico di superficie di Roma, soprattutto se confrontata con l'esigua estensione del sistema di metropolitane e ferrovie locali. Per una rete così grande esistono di conseguenza grandi quantità di dati da analizzare. Inoltre, non va tralasciato che dati di questo genere non sono attualmente disponibili per la rete della metropolitana e delle ferrovie concesse, che pure subiscono gli effetti degli eventi meteorologici estremi riconducibili ai cambiamenti climatici.

Per questi motivi si ritiene che lo studio degli effetti degli eventi meteorologici intensi sulla rete di superficie sia sufficiente per l'elaborazione di questa ricerca.

Tali effetti sono rilevabili grazie allo strumento del fonogramma: si tratta di un documento di testo che segnala un evento di varia natura (istituzioni di nuove linee, deviazioni, limitazioni, incidenti, malori, etc.) riferito a una vettura e di conseguenza a una linea del trasporto pubblico di superficie, che in certi casi genera un disservizio. Si

può trattare per esempio di una vettura parcheggiata in sosta vietata che ostruisce la strada e non permette a un autobus di proseguire, creando quindi un disservizio per un certo periodo di tempo per una o più linee di trasporto pubblico.

I dati dei fonogrammi sono disponibili in forma digitale a partire dal 23 agosto 1999. Si è scelto di terminare la raccolta di dati al 31 dicembre 2014 e di non includere il 2015 e i primi mesi del 2016 per evitare di raccogliere dati su eventi contemporanei alla ricerca e in ogni caso per mettere un termine alla raccolta di dati che altrimenti avrebbe potuto durare indefinitamente. Dal 23 agosto 1999 al 31 dicembre 2014 sono stati registrati oltre 300.000 fonogrammi, per una media di 54 fonogrammi al giorno.

Spesso il fonogramma non restituisce esplicitamente nell'intestazione una motivazione meteorologica per un certo evento. Per esempio un allagamento potrebbe essere segnalato come ingombro stradale. Per questo motivo è stato necessario tenere conto di quali giorni siano stati effettivamente caratterizzati da eventi meteorologici intensi.

Inizialmente sono state necessarie due ricerche parallele:

- da una parte la ricerca all'interno dei fonogrammi attraverso alcune parole chiave ("maltempo" e "allagamento"), che però non ha dato molti risultati
- dall'altra la ricerca di giorni caratterizzati da piogge intense (mm di pioggia) o alte temperature (superiori a 35° C) attraverso l'archivio disponibile sul sito [www.ilmeteo.it](http://www.ilmeteo.it). L'archivio indica per ciascun giorno, oltre ai fenomeni atmosferici, le temperature medie, minime e massime, i millimetri di precipitazione e la velocità del vento e delle raffiche.

Mentre per gli eventi di pioggia è stato più immediato trovare i giorni in cui allagamenti, frane o la caduta di rami o alberi impedivano effettivamente il servizio di trasporto pubblico, per le giornate calde si è dovuto supporre che in questo periodo fossero più frequenti i guasti alle vetture e i malori dei passeggeri.

A partire dai risultati delle due ricerche sono stati selezionati 23 giorni o serie di giorni, queste ultime nel caso di eventi i cui effetti si prolungano nell'arco di più giornate:

- 10 di pioggia intensa:
  - 21/10/1999;
  - 18/11/2002;
  - 05/10/2003;
  - 07/07/2006;
  - 04/11/2008;
  - 11-15-16-17/12.2008;
  - 02-03-04/07/2009;
  - 17/12/2010
  - 20/10/2011
  - 31/01-02-03/02/2014
- 13 di calore intenso:
  - 04/07/2000
  - 23-24/08/2000
  - 14/06/2003
  - 12/08/2003
  - 23/07/2004
  - 29/07/2005

- 19/06.2007
- 01-02/08/2008
- 24/07/2009
- 14-15-16-17-18/07/2010
- 13/07/2011
- 06-07-08-09/08/2012
- 27-28-29/07/2013

Inoltre per correttezza metodologica, è utile sapere quale sia la quantità media di fonogrammi per giorno, in modo tale da verificare quanto effettivamente i giorni considerati critici lo siano stati in paragone a giorni non critici dal punto di vista meteorologico. Questo per escludere in particolare che i guasti alle vetture possano ragionevolmente essere attribuiti alle temperature alte e non genericamente allo stato del materiale rotabile, che ultimamente è additato come fatiscente dalla cronaca locale e nazionale.

Per questi motivi, sono stati osservati anche quattro giorni o serie di giorni in cui la pioggia non ha generato disservizi, e l'impatto di eventi di altro genere sul funzionamento della rete di trasporto pubblico di superficie (per esempio finali di calcio, canonizzazioni, funerali e nuove elezioni dei pontefici, etc.). Questo gruppo di dati ha la funzione di controllo, in modo da assicurarsi che i dati indicati sopra non siano influenzati da *bias*.

I giorni scelti sono:

- 19-20/08/2000 (Veglia e Messa conclusiva della giornata mondiale della gioventù);
- 17/06/2001 (Vittoria del campionato di Serie A da parte della Roma)
- 08/04/2005 (Funerale di Giovanni Paolo II)
- 9-10/07/2006 (Vittoria della nazionale italiana ai campionati ai mondiali di calcio)

La tabella sottostante indica, per ciascuna delle giornate analizzate, il numero di fonogrammi registrati e la loro numerosità rispetto alla media mensile, annuale e totale (54). Si evidenziano con colore rosso chiaro i giorni in cui il numero di fonogrammi supera la media totale.

Data	Evento	Fonogrammi	> media M	> media A	> media totale
21/10/99	Pioggia	73	Sì	Sì	Sì
04/07/00	Calore	67	Sì	Sì	Sì
19/08/00	C - GMG Tor Vergata	38	Sì	No	No
20/08/00	C - GMG Tor Vergata	25	No	No	No
23/08/00	Calore	30	No	No	No
24/08/00	Calore	33	No	No	No
17/06/01	C - Scudetto AS Roma	35	No	No	No
18/11/02	Pioggia	73	Sì	Sì	Sì
14/06/03	Calore	54	Sì	Sì	No
12/08/03	Calore	42	Sì	No	No

05/10/03	Pioggia	60	Sì	Sì	Sì
23/07/04	Calore	36	No	No	No
08/04/05	C - Funerali GP II	36	No	No	No
29/07/05	Calore	44	Sì	No	No
07/07/06	Pioggia	54	Sì	Sì	No
09/07/06	C - Finale FIFA 2006	26	No	No	No
10/07/06	C - Finale FIFA 2006	76	Sì	Sì	Sì
19/06/07	Calore	59	Sì	Sì	Sì
01/08/08	Calore	49	Sì	No	No
02/08/08	Calore	42	Sì	No	No
04/11/08	Pioggia	75	Sì	Sì	Sì
11/12/08	Pioggia	96	Sì	Sì	Sì
15/12/08	Pioggia	72	Sì	Sì	Sì
16/12/08	Pioggia	88	Sì	Sì	Sì
17/12/08	Pioggia	85	Sì	Sì	Sì
02/07/09	Pioggia	59	Sì	Sì	Sì
03/07/09	Pioggia	68	Sì	Sì	Sì
04/07/09	Pioggia	52	No	No	No
24/07/09	Calore	51	No	No	No
14/07/10	Calore	63	Sì	Sì	Sì
15/07/10	Calore	54	No	No	No
16/07/10	Calore	70	Sì	Sì	Sì
17/07/10	Calore	57	Sì	No	Sì
18/07/10	Calore	40	No	No	No
17/12/10	Pioggia	69	Sì	Sì	Sì
20/10/11	Pioggia	95	Sì	Sì	Sì
06/08/12	Calore	67	Sì	Sì	Sì
07/08/12	Calore	48	Sì	No	No
08/08/12	Calore	68	Sì	Sì	Sì
09/08/12	Calore	42	No	No	No
27/07/13	Calore	60	No	Sì	Sì
28/07/13	Calore	36	No	No	No
29/07/13	Calore	63	Sì	Sì	Sì
31/01/14	Pioggia	72	Sì	Sì	Sì
01/02/14	Pioggia	68	No	Sì	Sì
02/02/14	Pioggia	53	No	No	No
03/02/14	Pioggia	83	Sì	Sì	Sì

### 4.3. Precipitazioni e allagamenti stradali

Questo paragrafo contiene la descrizione degli eventi critici per la rete in caso di precipitazioni estreme. Esempi sono: l'allagamento di sottopassi (per esempio gli accessi stradali alla Stazione Tiburtina) e altre strade in diverse aree della città; frane e smottamenti in particolare nelle aree periferiche; caduta di foglie, rami e alberi lungo diversi viali della città (per esempio la circonvallazione Gianicolense).

#### 4.3.1. Descrizione generale di problemi dovuti ad allagamenti

Gli allagamenti dovuti alle piogge intense e all'esondazione dei corsi d'acqua sono stati particolarmente sentiti negli ultimi anni: per esempio nel 2014 gli eventi del 31 gennaio, 15 giugno e 6 novembre hanno provocato la chiusura di alcune linee del

trasporto pubblico (lungo la ferrovia Roma-Viterbo le stazioni di Acqua Acetosa e La Celsa, mentre sulla linea A Flaminio, Lepanto, Ottaviano, Colli Albani, Porta Furba, Lucio Sestio, Giulio Agricola) e l'allagamento di una stazione della metropolitana (la stazione Anagnina sulla linea A). Gli allagamenti colpiscono anche le infrastrutture stradali e ferroviarie, causando l'interruzione del traffico e dei servizi di trasporto.

#### 4.3.2. Descrizione dei disservizi durante giorni di pioggia (1999-2014)

Gli eventi di pioggia intensa avvenuti a Roma negli ultimi 15 anni sono stati caratterizzati, oltre che dalle precipitazioni, anche da venti forti che hanno provocato la caduta di alberi o rami di alberi. Gli eventi registrati nei fonogrammi sono raggruppati in sette categorie descritte in ordine alfabetico, che corrispondono anche agli elementi indicati nella legenda in calce alle cartine dei giorni analizzati.

Nel primo gruppo entrano gli eventi legati agli alberi: dalla caduta di foglie che rende difficilmente percorribile una strada, alla caduta di rami o di interi alberi che ostruisce il percorso di una vettura. In una città come Roma si tratta di un intervento relativamente frequente, vista l'ampia presenza di alberature lungo le strade della città. La presenza di pini di diverse specie, che mal sopportano il vento e spesso si spezzano, contribuisce al verificarsi di questi eventi. Anche la manutenzione è spesso un punto dolente, sia per quanto riguarda la potatura delle essenze arboree, sia per quanto riguarda la pulizia nei mesi autunnali delle strade in cui si trovano specie caducifoglie. Sicuramente i romani hanno familiarità con le superfici viscidie delle strade ricoperte di foglie bagnate dalle piogge invernali.

La categoria più popolata è per ovvi motivi quella dell'allagamento. La chiusura di tratti di strada, anche brevi, porta alla deviazione di una o più linee che devono trovare percorsi alternativi per raggiungere la loro destinazione. L'allagamento può essere dovuto alla difficoltà di drenaggio delle strade, sia perché il flusso è troppo grande perché sia raccolto dal sistema fognario, sia perché i tombini sono ostruiti da sporcizia, foglie, rami e altro ancora. Un'altra causa è data dall'esondazione di piccoli corsi d'acqua – come abbiamo visto nel capitolo precedente i fiumi Tevere e Aniene non destano particolare preoccupazione – che trovano un nuovo percorso sulle strade circostanti. Inoltre, succede spesso che gli avvallamenti in corrispondenza di sotto-attraffamenti di altre infrastrutture si riempiano d'acqua, impedendo il passaggio dei veicoli e delle persone.

Le piogge causano danni anche ai veicoli del trasporto pubblico: un esempio è il malfunzionamento dei tergicristallo e degli sbrinatori, che riducendo la visibilità non rendono possibile il proseguimento della corsa. Altri guasti riguardano il motore, per esempio l'avviamento o l'impianto elettrico. Si suppone infatti che la pioggia aumenti l'eventualità di questo genere di guasti.

Sempre nella famiglia dei guasti elettrici si trova la mancanza di tensione per il funzionamento delle linee tranviarie e filoviarie, che esclude il funzionamento dell'intera linea o di parte di essa, con conseguenti limitazioni del servizio.

Una conseguenza indiretta degli eventi meteorologici estremi sui trasporti pubblici è la congestione veicolare. La chiusura di una strada genera lo spostamento del traffico

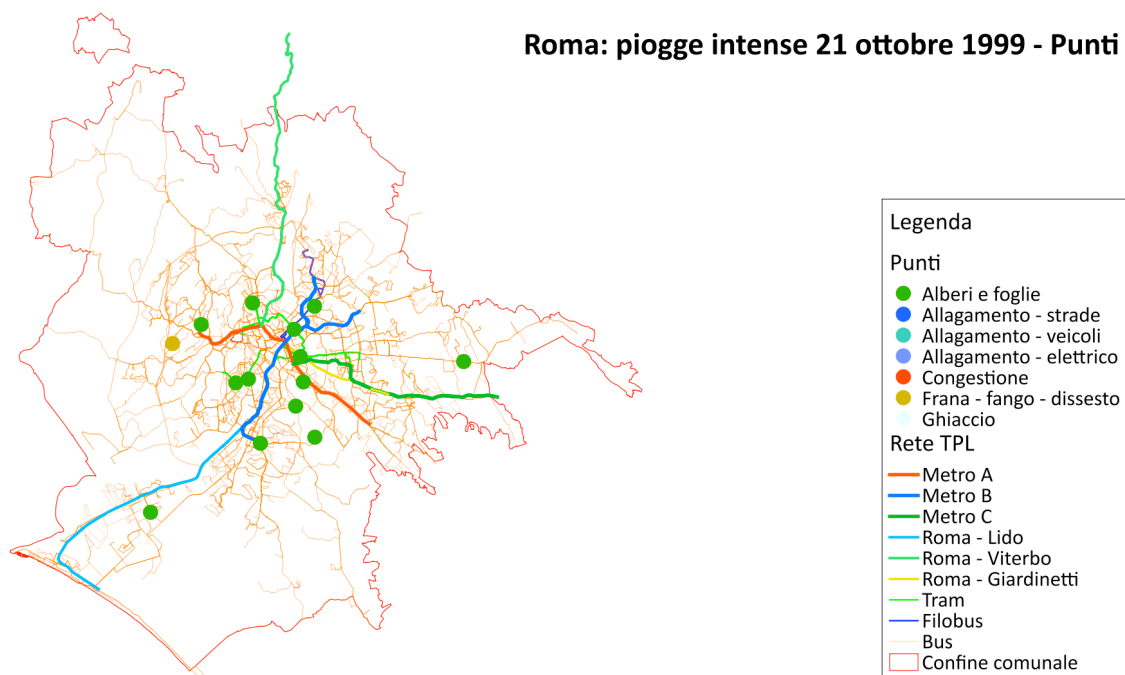
veicolare privato e pubblico su altri percorsi, che normalmente sostengono minori flussi di traffico. La riduzione della velocità in caso di pioggia è un'ulteriore causa della congestione.

Le piogge intense hanno effetti dannosi anche sul suolo e sull'asfalto, causando frane, smottamenti, voragini, dissesto e altri problemi al fondo stradale e ai tombini. I movimenti del terreno sono un evento ricorrente nelle strade periferiche, mentre voragini e danni all'asfalto e ai tombini colpiscono anche strade più centrali.

In maniera più obliqua, il ghiaccio rende impraticabili, o peggio danneggia, le strade nel periodo invernale. Sebbene a Roma la temperatura scenda sotto lo zero solo per alcuni giorni all'anno, possono capitare eventi eccezionali come la nevicata avvenuta nel febbraio 2012. Proprio per la sua eccezionalità, l'evento non è stato incluso nello studio degli eventi meteorologici estremi all'interno di questa ricerca.

Dopo l'indicazione delle famiglie di eventi rilevanti, segue la descrizione dei giorni analizzati in ordine cronologico.

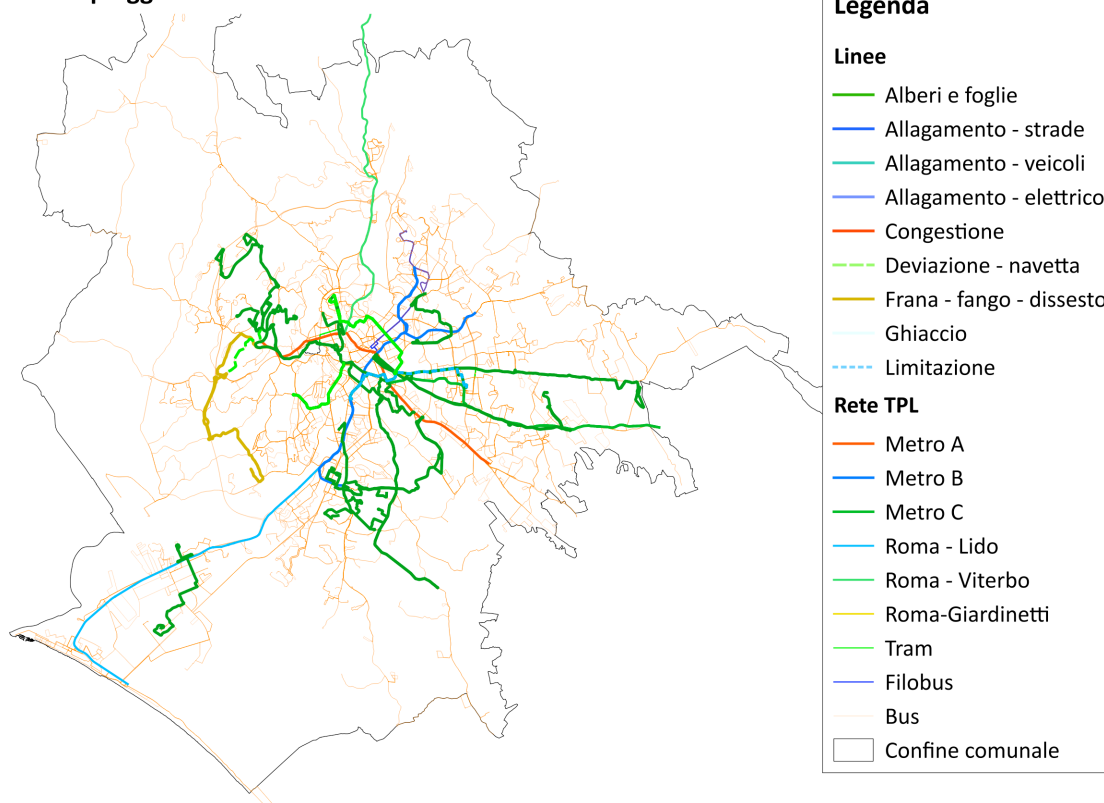
#### 4.3.3. Descrizione del 21 ottobre 1999



Studio dei dati Atac – 21/10/1999 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La giornata del 21 ottobre 1999 è stata di pioggia, temporali e vento forte (massimo 55 km/h, raffiche a 90). Non sorprende quindi rilevare che questo giorno sia principalmente caratterizzato da eventi riconducibili alla caduta di alberi e all'ingombro delle foglie. Infatti, di 14 eventi studiati, ben 13 sono attribuibili alla prima categoria: uno per ingombro delle foglie, i restanti per la caduta di alberi o rami di alberi. L'altro è un evento di frana nella parte occidentale della città.

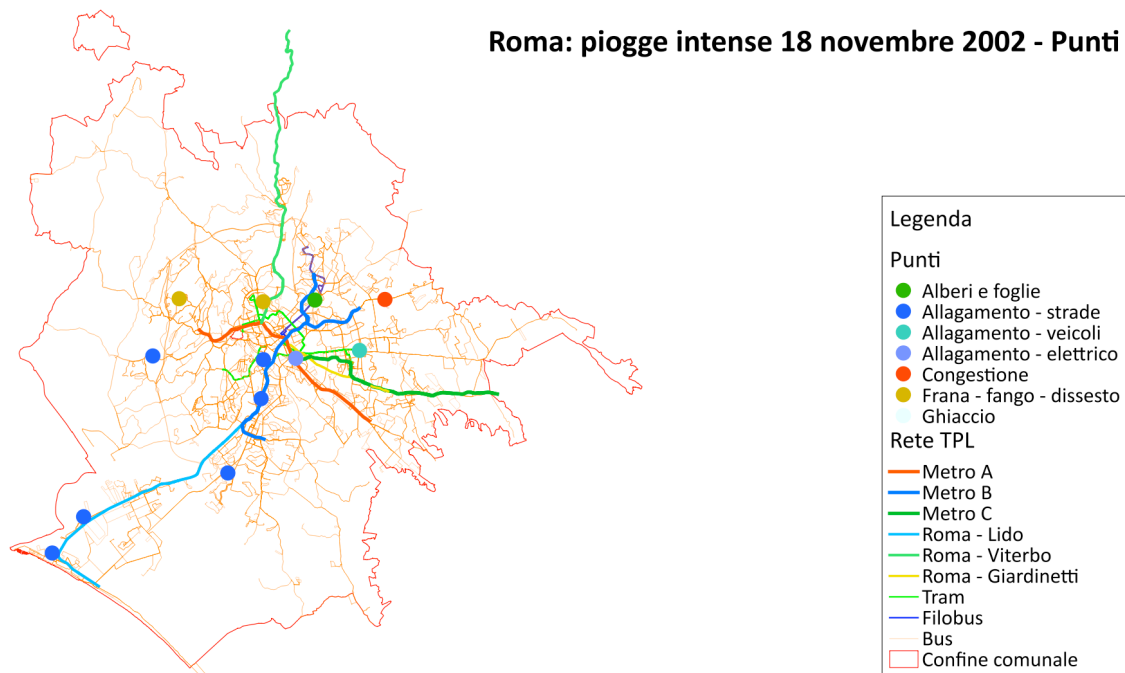
### Roma: piogge intense 21 ottobre 1999 - Linee



Studio dei dati Atac – 21/10/1999 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Gran parte degli eventi, dodici in tutto, si concentra all'interno del Grande Raccordo Anulare. Le zone colpite sono: Nomentana, EUR, Monteverde, Casal Palocco, Tor Carbone, Flaminio, Colle del Sole, Appio-Latino, Porta Maggiore, Ardeatina, Torvecchia, Montespaccato e Villa Torlonia. Risalta per essere interessata da due diversi eventi la linea di tram 8, rallentata prima per l'ingombro delle foglie che ha reso viscosi il manto stradale e le rotaie, poi per la caduta di rami d'albero sulla linea aerea. Di conseguenza è stato temporaneamente istituito un servizio sostitutivo di navetta. Tra gli eventi che hanno influenzato più di una linea è da segnalare la caduta di un ramo nei pressi della stazione Laurentina, che ha rallentato le linee 761, 762, 763 e 776. Un ulteriore evento ha interessato via del Forte Braschi nel quartiere Torvecchia, coinvolgendo le linee 49, 996, 997 e 998. L'evento di frana, riguarda invece via Cornelia, a Montespaccato e ha causato la deviazione della linea 981 lungo via Nazareth e via di Acquafredda. Va segnalato che l'interruzione della strada e la deviazione della linea sono durate tre settimane.

#### 4.3.4. Descrizione del 18 novembre 2002



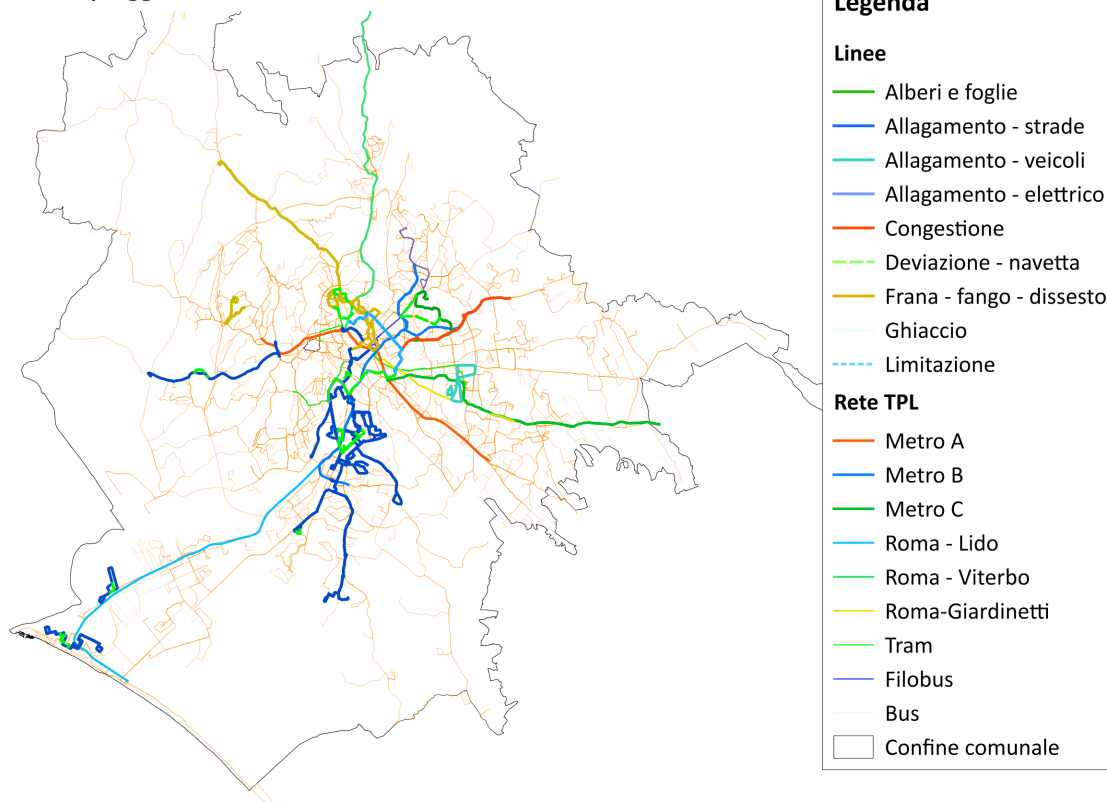
Studio dei dati Atac – 18/11/2002 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La successiva giornata è principalmente caratterizzata da piogge e temporali intensi (48 mm di pioggia): sei eventi sono riconducibili ad allagamento stradale, due riguardano guasti ai veicoli (acqua all'interno del mezzo, mancanza di tensione), altrettanti sono attribuibili al dissesto del fondo stradale, uno alla caduta di un albero e uno è dovuto a problemi di congestione stradale riconducibili alla pioggia.

Per quanto riguarda la localizzazione degli eventi, 10 sono all'interno o nelle immediate vicinanze del GRA, mentre due hanno avuto luogo nei pressi di Ostia. Le zone colpite sono: Ostia, Aurelia, Casal del Marmo, Mostacciano, San Paolo, Nomentana, Centocelle, Parioli, Aventino, Tor Cervara, San Giovanni, Ostia Antica.



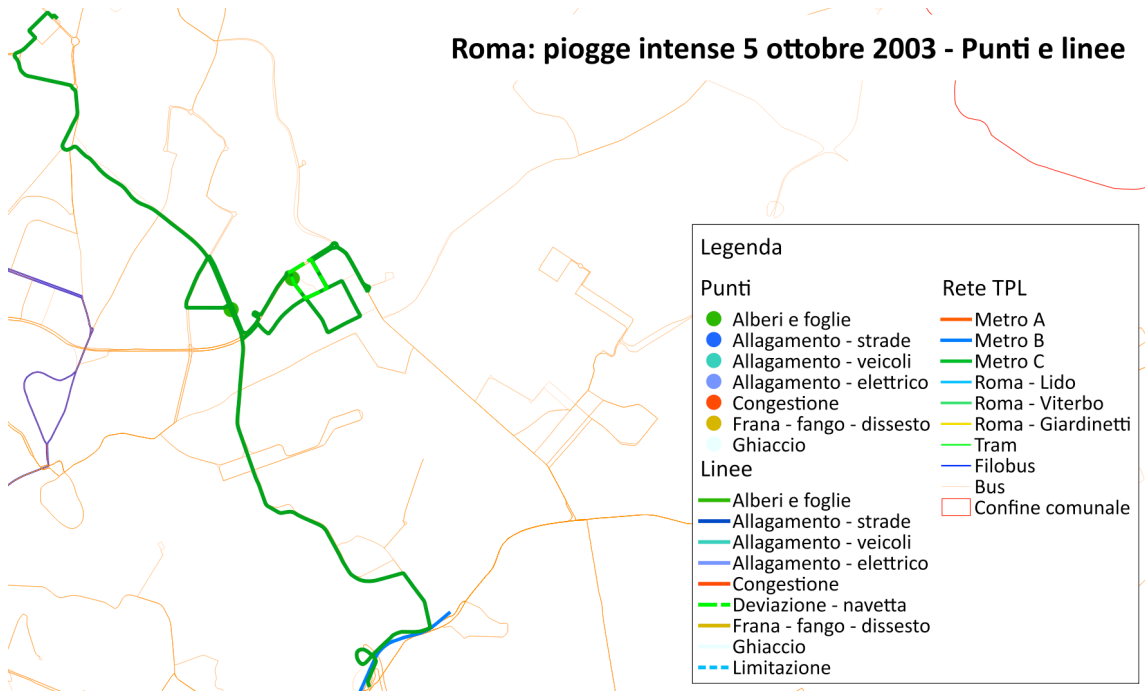
### Roma: piogge intense 18 novembre 1999 - Linee



Studio dei dati Atac – 18/11/2002 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Tra gli eventi di allagamento più impattanti risulta quello avvenuto nei pressi della stazione Basilica San Paolo. Via Giustiniano Imperatore passa sotto i binari delle linee B e Roma-Lido con un leggero avvallamento che in questa occasione si è allagato, ostruendo il passaggio dei veicoli e causando la deviazione delle linee 671, 707 e 766. L'apertura di una voragine ha bloccato invece il traffico in viale Maresciallo Pilsudski, determinando la deviazione delle linee 53, 217, 223 e 910.

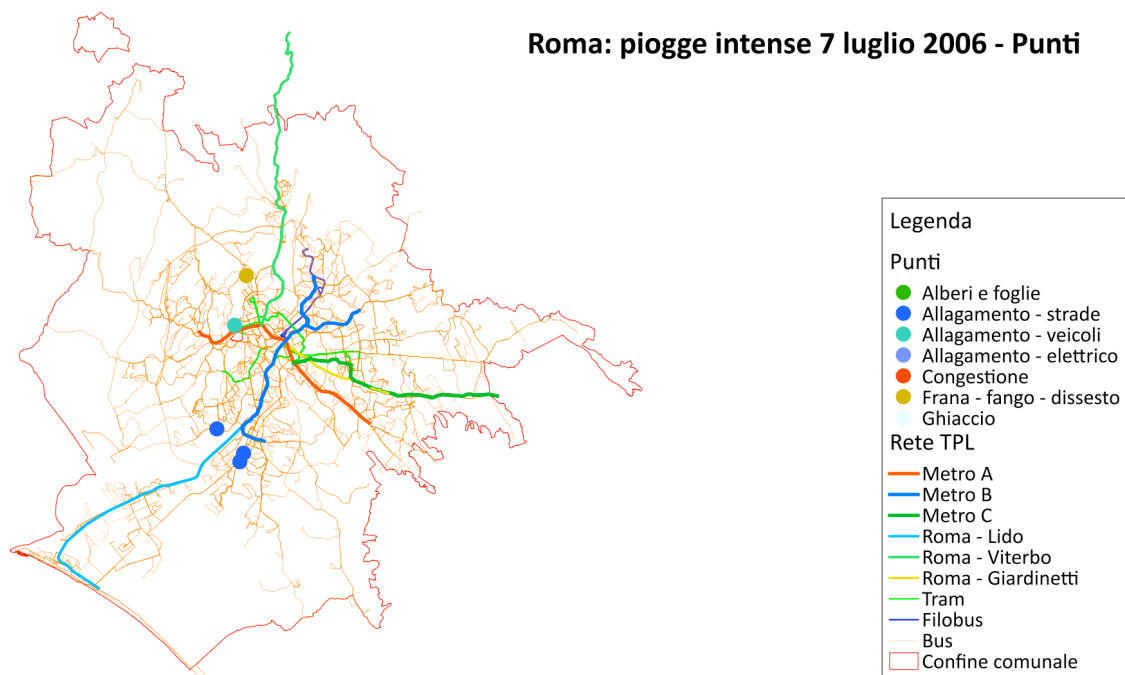
#### 4.3.5. Descrizione del 5 ottobre 2003



Studio dei dati Atac – 05/10/2003 – Punti e Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

In questa giornata – caratterizzata da pioggia, temporali e vento forte (massimo 29 km/h, raffiche a 54) – sono stati osservati pochi eventi: soltanto due, entrambi riconducibili alla caduta di alberi. La caratteristica interessante è che hanno avuto luogo nella stessa zona, a Monte Sacro Alto. Il primo evento è avvenuto in via Gaspara Stampa, causando la deviazione della linea 336 nelle vie limitrofe, il secondo in via Renato Fucini, bloccando temporaneamente la linea 341.

#### 4.3.6. Descrizione del 7 luglio 2006

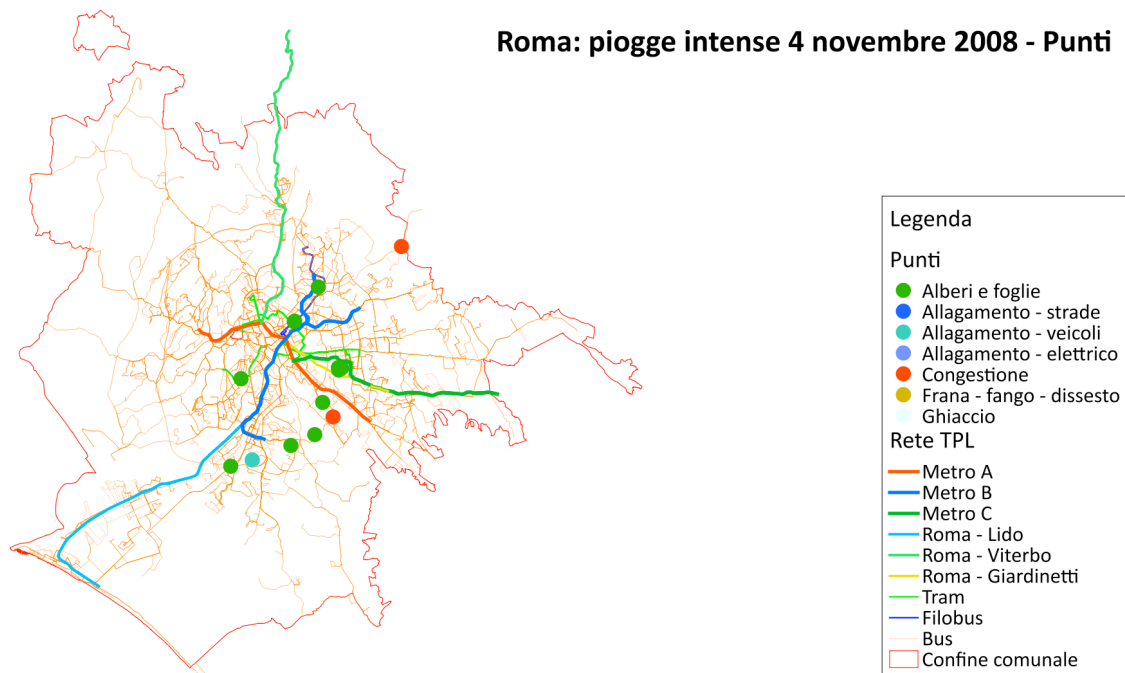


Studio dei dati Atac – 07/07/2006 – Punti e Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La prima giornata estiva di pioggia studiata (25 mm) presenta quattro eventi: due di allagamento, uno di incidente stradale, uno di dissesto del fondo stradale.

Le zone in cui questi eventi hanno avuto luogo sono: EUR, Magliana, Camilluccia, Prati. All'EUR si è allagata in due punti via Cristoforo Colombo, poche centinaia di metri prima dell'inizio di via Pontina. Le linee che hanno subito disservizi sono: 070, 071, 704, 705, 706, 709. L'allagamento in via del Tempio degli Arvali ha causato invece la deviazione delle linee 128 e 719 e di una vettura della linea 228. L'apertura di una voragine in via della Camilluccia ha comportato la deviazione della linea 911 fino al 18 luglio. Infine, la pioggia ha causato un incidente stradale a un autobus della linea 495 sulla circonvallazione Trionfale.

#### 4.3.7. Descrizione del 4 novembre 2008

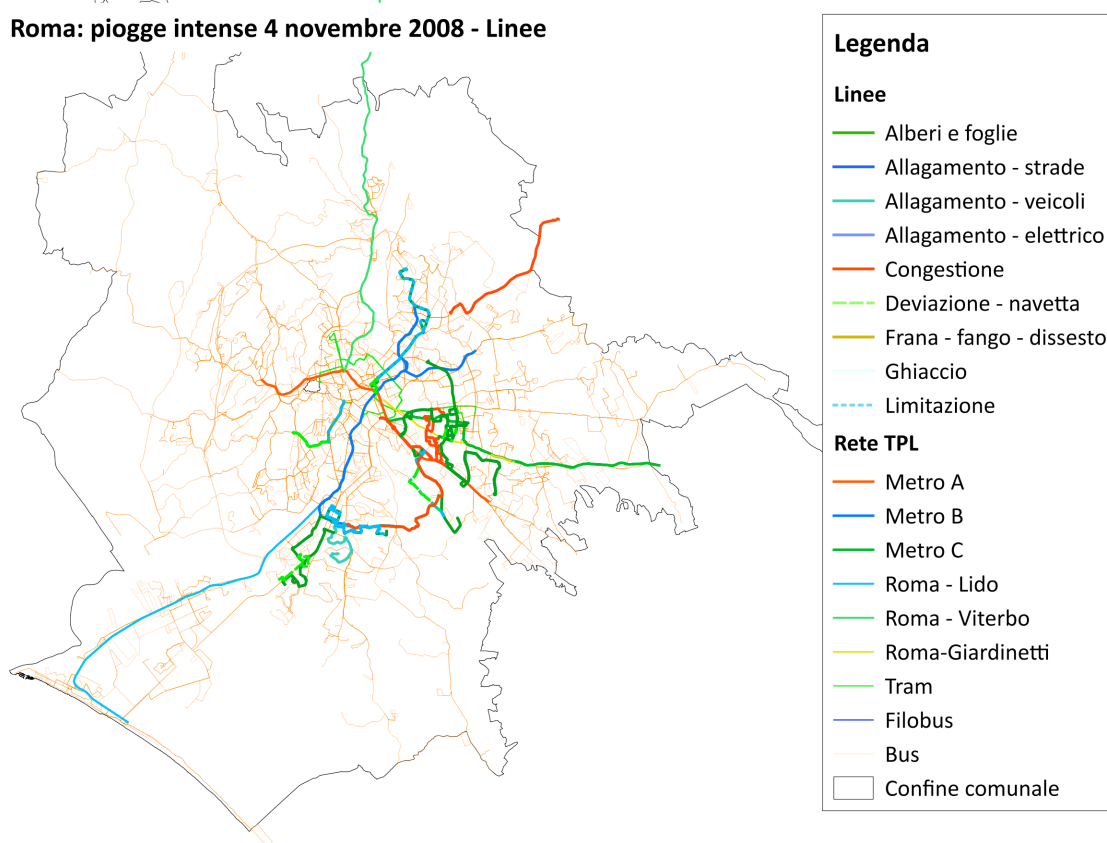


Studio dei dati Atac – 04/11/2008 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Tornando al mese di novembre, la giornata studiata – caratterizzata da pioggia (36 mm) e vento forte (massimo 46 km/h, raffiche a 63) – conta 11 eventi di disservizio nel funzionamento dei trasporti pubblici. Sei sono dovuti alla caduta di alberi o rami di alberi, uno causato dall'ingombro di foglie cadute, due dovuti alla chiusura di una strada e alla congestione veicolare e un altro legato a un guasto di tipo non specificato a un veicolo.

Le zone interessate sono le seguenti: Poggio Fiorito (Guidonia), Monteverde, Montesacro, Nomentano, Tor Fiscale, Fonte Meravigliosa, Laurentino, Mostacciano, Tor Carbone, Quarto Miglio, Casilino.

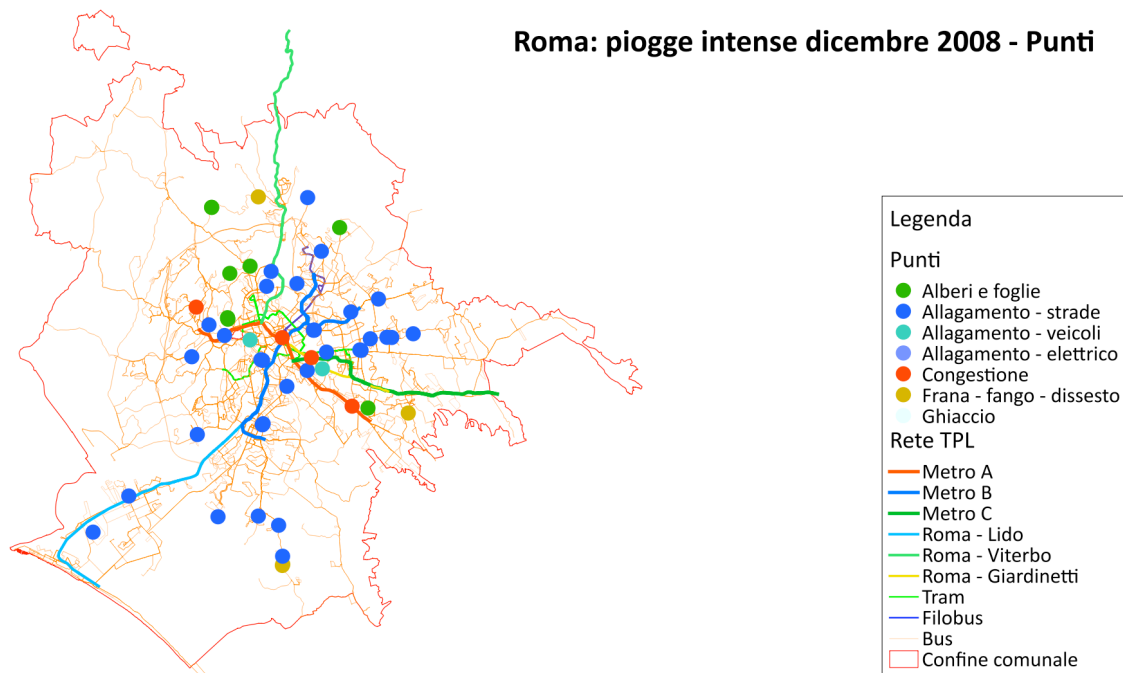
### Roma: piogge intense 4 novembre 2008 - Linee



Studio dei dati Atac – 04/11/2008 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

In via Nomentana, all'altezza di corso Trieste, due eventi a poca distanza di tempo e di spazio hanno bloccato in entrambe le direzioni la linea 90 express, unico filobus della capitale. Sempre a proposito di eventi vicini geograficamente e temporalmente, la caduta di alberi in tre punti del quartiere Casilino ha comportato la deviazione delle linee 412, 542L e 558. Come nel 1999, l'ingombro dovuto alle foglie ha fermato la linea tranviaria 8, causando la limitazione del servizio tra largo Argentina e la stazione Trastevere e l'istituzione di un servizio bus navetta tra quest'ultima e via del Casaletto. Gli eventi di congestione riguardano le linee 337, al confine tra Roma e Guidonia, 553 a Tor Pignattara e 650 tra piazza Cinecittà e San Giovanni. Questi ultimi due eventi non sono stati segnalati con un punto perché i rispettivi fonogrammi segnalano una congestione generica lungo tutto il percorso, senza indicare un avvenimento in un luogo preciso. In chiusura è necessario evidenziare un fonogramma che indica disservizi sull'intera area urbana dalle 16.30 in poi a causa del maltempo, che ha generato allagamenti e caduta di alberi e conseguenti ingombri stradali.

#### 4.3.8. Descrizione della serie di giorni a dicembre 2008



Studio dei dati Atac – dicembre 2008 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La prima serie di giorni studiata per gli eventi di pioggia è quella dell'11, 15, 16 e 17 dicembre 2008. È interessante vedere come, prevedibilmente, durante una serie di giorni consecutivi con pioggia intensa si ripresentino, più di una volta, problemi nelle stesse aree.

Per quanto riguarda l'11 dicembre sono riconducibili al maltempo 23 eventi che hanno complessivamente interessato 45 linee del trasporto pubblico di superficie. Gli allagamenti risultano l'occorrenza di gran lunga più frequente per questa giornata (15 eventi), seguiti da problemi di smottamenti e frane (un evento), caduta di alberi o rami di alberi (quattro eventi), congestione veicolare (due eventi), e un guasto a un veicolo. Le aree della città interessate da questi eventi sono: Collatino, Eur, Rione Ponte, Prati Fiscali, Vigne Nuove, Settebagni, Tor di Quinto, Stazione Tiburtina, Ponte Lungo, Termini, Valle Aurelia, Cinquina, Largo Preneste, La Giustiniana, Tor Sapienza, Rione Ripa, Subaugusta, Trastevere, Monte Migliore, Salone, Cortina d'Ampezzo.

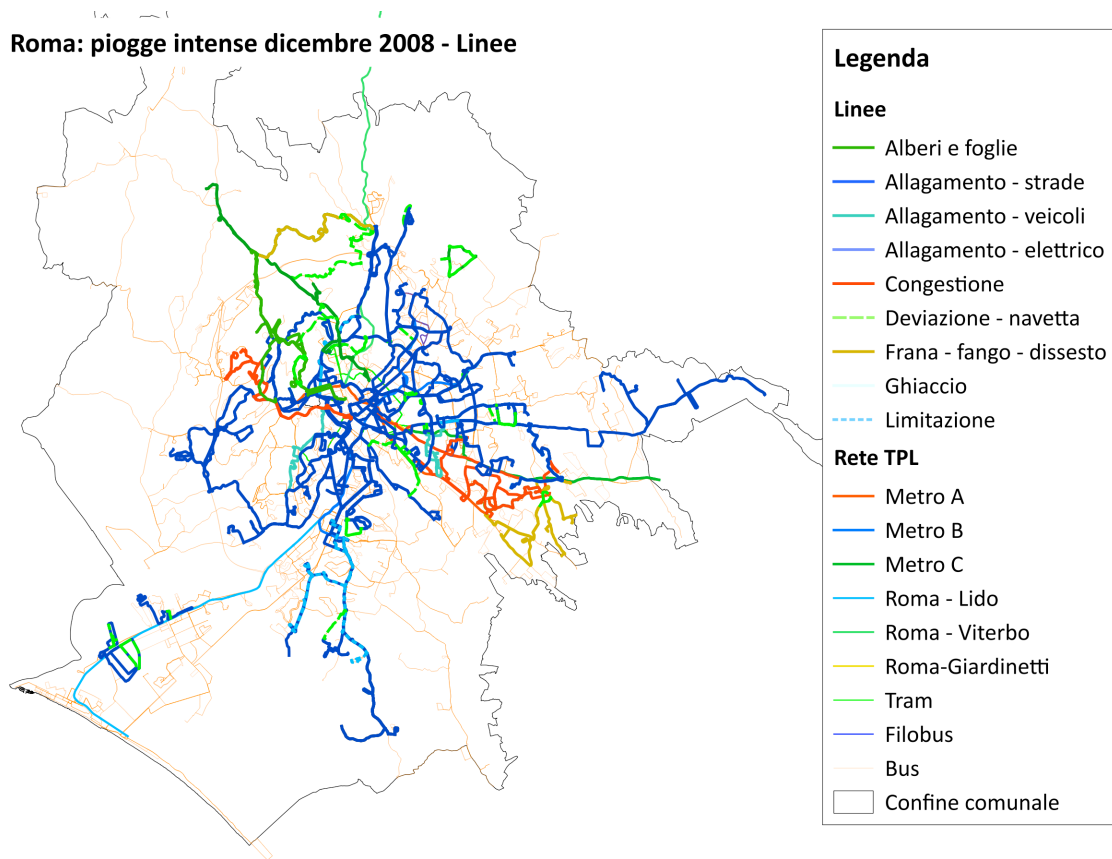
Gli eventi successivi del 15, 16 e 17 dicembre sono meno numerosi se guardati per singolo giorno, ma bisogna tenere conto dell'effetto cumulativo dei disservizi che si sono susseguiti per più giorni. Bisogna inoltre evidenziare come alcuni eventi hanno portato alla chiusura di strade e alla conseguente deviazione o limitazione di linee per più giorni.

Il primo giorno sono stati registrati nove eventi legati al maltempo, e sono state coinvolte 17 linee. Gli allagamenti sono stati nuovamente il problema più frequente (quattro eventi) e si sono verificati uno smottamento, una caduta di albero, un evento di congestione veicolare e due guasti alle vetture. Gli eventi si sono verificati nelle

seguenti aree: Magliana, Primavalle, Torpignattara, Pigneto, Monte Maggiore, Tor Sapienza, Tor di Quinto.

Il 16 dicembre sono risultati imputabili alle piogge 16 eventi, con il coinvolgimento di 40 linee. Anche in questo caso gli allagamenti hanno causato la maggior parte dei disagi (11 eventi), seguiti da problemi di stabilità del terreno (2 eventi), dalla caduta di alberi (2 eventi) e da un evento di congestione veicolare. I disservizi sono avvenuti nei quartieri: Quartaccio, Cimitero Laurentino, Dragoncello, Trigatoria, Torre Maura, Stagni di Ostia, Castel di Decima, Tor Cervara, Ponte Mammolo, Riserva di Livia, Tor Sapienza, Tor Vergata, Stazione Tiburtina, Domine Quo Vadis, Balduina, Stazione Aurelia.

L'ultimo giorno solamente due eventi sono riconducibili al maltempo, in particolare ad interventi su alberi pericolanti in via delle Medaglie d'Oro, che hanno rallentato e deviato il servizio delle linee 907, 913, 990, 991 e 999.

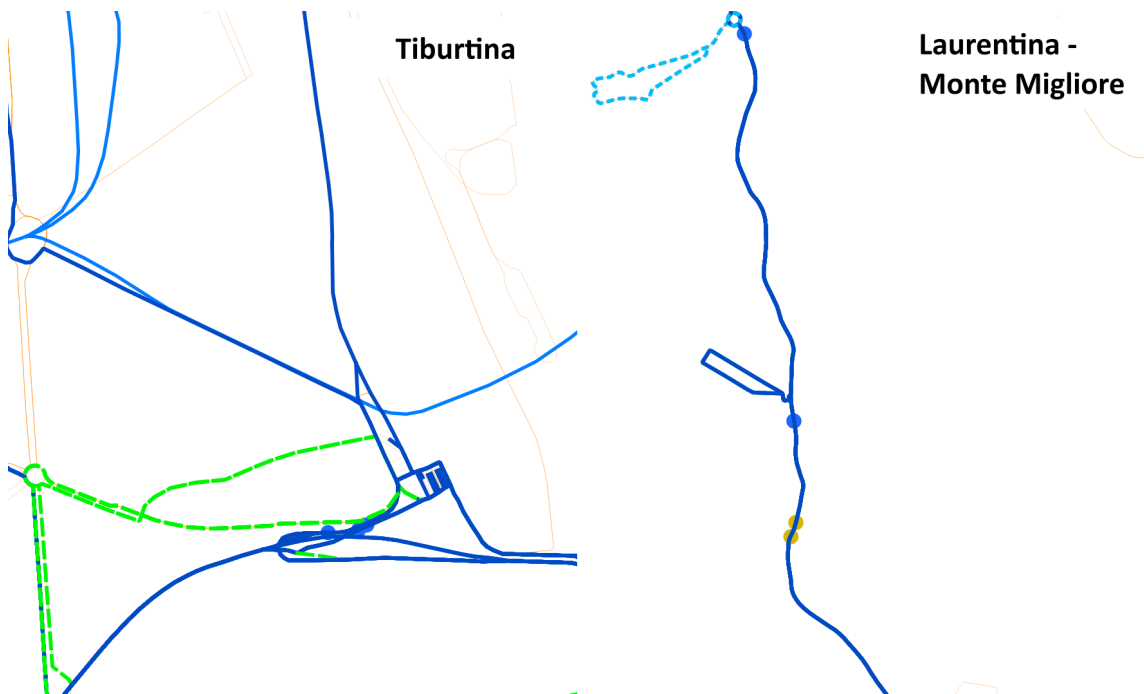


Studio dei dati Atac – dicembre 2008 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

A prima vista non sembra che ci siano zone della città non impattate dagli allagamenti o dai disservizi delle linee del trasporto pubblico di superficie, ma è comunque possibile notare alcune ricorrenze.

L'area della stazione Tiburtina è stata al centro di due eventi: uno l'11 dicembre a partire dall'inizio del servizio fino alla tarda serata del giorno successivo; l'altro il 16 dicembre nelle ore centrali della giornata, dalle 12,30 alle 17,30. In entrambi i casi si sono allagate le strade che collegano via Tiburtina all'ampio capolinea degli autobus

che si trova di fronte alla stazione ferroviaria. L'impatto è stato grande perché diverse decine di linee transitano di fronte alla stazione o vi hanno il loro capolinea. Per il tempo della chiusura tutte queste linee sono state deviate su altri percorsi non allagati.



Studio dei dati Atac – dicembre 2008 – Punti e Linee - zoom Tiburtina e Laurentina-Monte Maggiore  
Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Si rileva un'altra ricorrenza lungo un tratto della via Laurentina, tra il Cimitero Laurentino e la località Monte Maggiore. L'11 dicembre per uno smottamento sono state limitate due linee periferiche (703 e 076) tra la sera del primo giorno e la mattina del giorno successivo. Il 15 un altro smottamento nella stessa zona ha causato la limitazione delle stesse linee per meno di un'ora nella mattinata. Nel primo pomeriggio un allagamento lungo via Laurentina ha nuovamente indotto la limitazione di percorso dei due collegamenti per un'ora. Un allagamento in un altro punto della consolare ha provocato la limitazione delle due linee tra l'alba del 16 e la mattina del 17.

L'11 dicembre si è allagato in due diverse occasioni l'incrocio tra via Laurentina, via delle Tre Fontane e viale del Tintoretto, sempre in corrispondenza delle rampe di collegamento tra le strade indicate, causando la deviazione della linea 716.

Nella zona di Tor Sapienza nelle giornate del 15 e 16 dicembre si sono registrati problemi in via Collatina all'incrocio con via Longoni e nei pressi di via Capranesi. Il 15 dicembre un allagamento ha causato la limitazione della linea 541 fino al pomeriggio della giornata successiva, mentre nella serata una vettura della linea 058 ha subito un guasto. Il giorno dopo la strada si è nuovamente allagata all'altezza di via Longoni, causando disservizi alle linee 058, 112, 312 deviate e 541, che sono state limitate o deviate su percorsi alternativi a seconda dei casi.

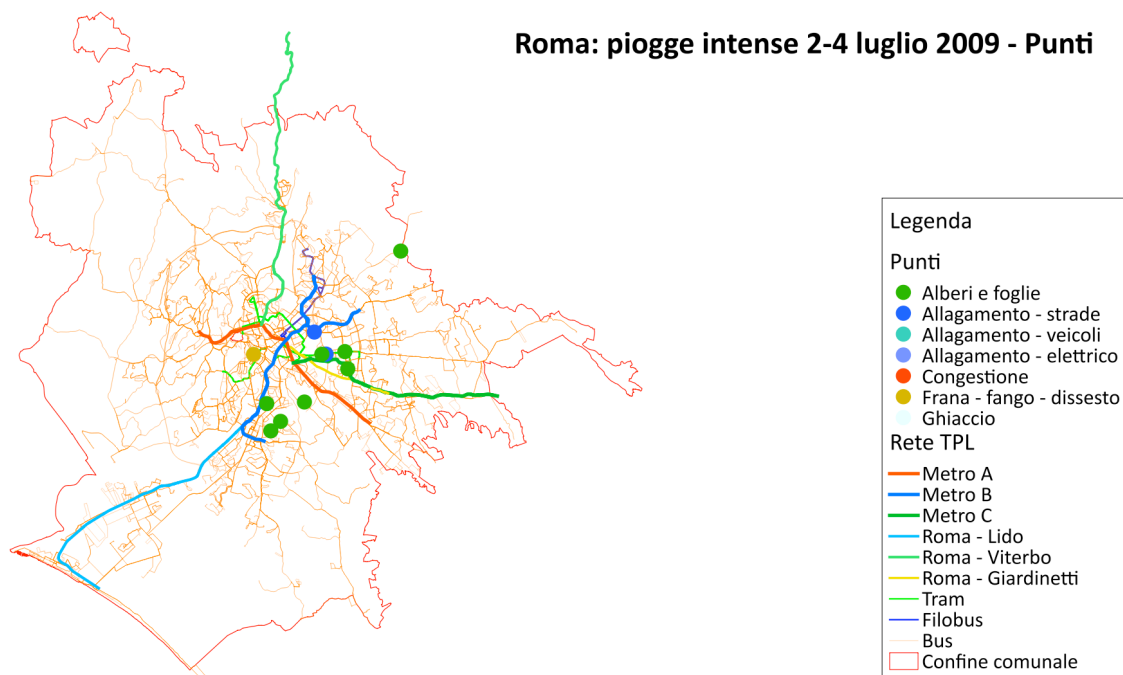


---

Studio dei dati Atac – dicembre 2008 – Punti e Linee – zoom Laurentina-Tintoretto e Medaglie d’Oro  
Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Via delle Medaglie d’Oro è stata chiusa al traffico per diverse linee a causa della caduta di un albero il 16 dicembre e per la presenza di alberi pericolanti il 17 dicembre in due occasioni. Hanno quindi subito deviazioni le linee 907, 913, 990, 991 e 999.

#### 4.3.9. Descrizione della serie di giorni tra 2 e 4 luglio 2009

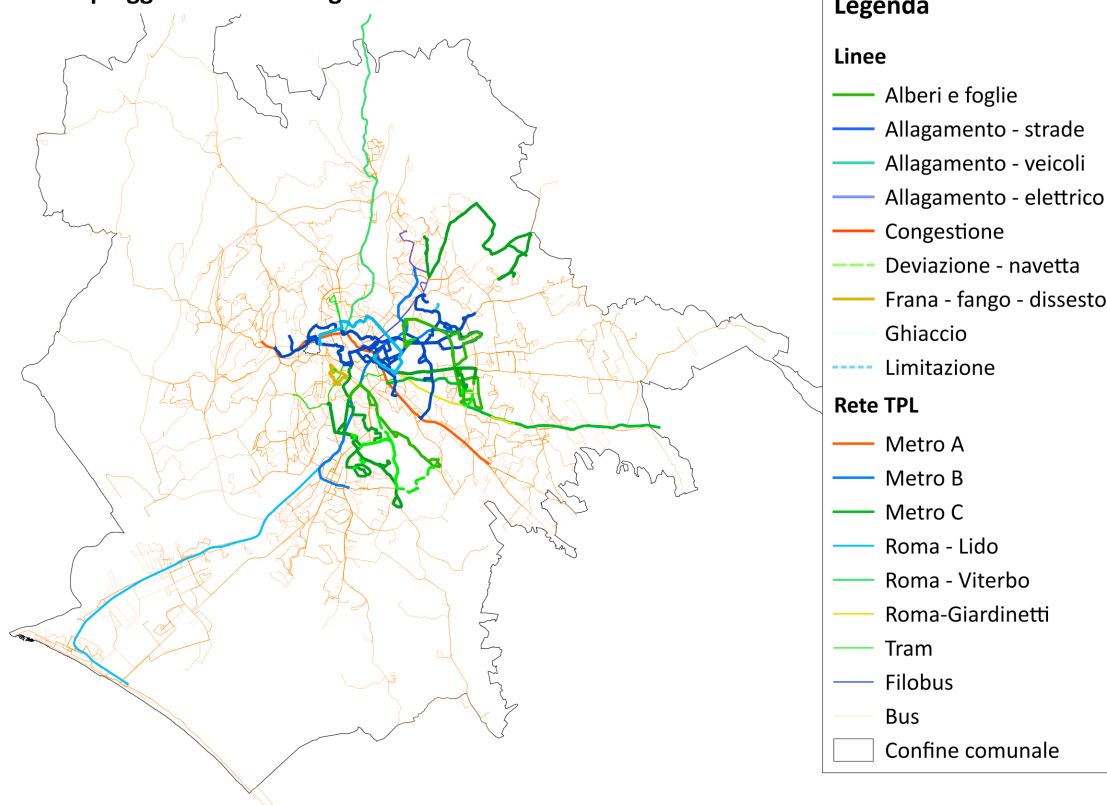


Studio dei dati Atac – 02-04/07/2009 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La successiva serie di tre giorni si svolge in periodo estivo. In questi giorni – con pioggia e vento forte (il 2 luglio raffiche fino a 39 km/h) – sono accaduti dodici eventi: quattro il primo giorno, sei il 3 luglio, due il giorno successivo. Sono particolarmente frequenti gli eventi causati da alberi (otto), seguiti dagli allagamenti (due). Chiudono la serie la presenza di una voragine e un guasto al tergicristallo di una vettura.

Le zone interessate sono: Prenestino, Centocelle, Sant’Alessandro, Stazione Tiburtina, Ardeatino, San Paolo, Tintoretto, Rione Trastevere, Appia Pignatelli. Si è verificato nuovamente un allagamento della via d’accesso alla Stazione Tiburtina che ha provocato disservizi e deviazioni a decine di linee di bus tra la mattina del 3 luglio e il pomeriggio del 5.

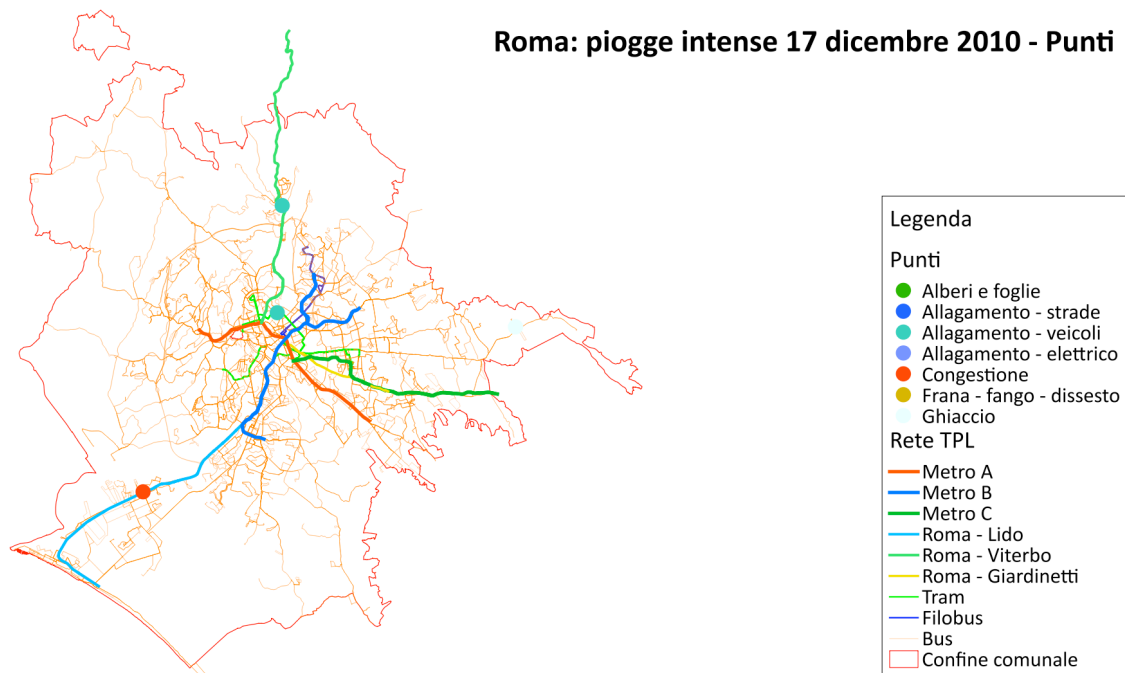
### Roma: piogge intense 2-4 luglio 2009 - Linee



Studio dei dati Atac – 02-04/07/2009 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Lungo via Prenestina sono avvenuti due eventi in due diverse giornate. Nel tardo pomeriggio del 2 luglio un allagamento nei pressi di Largo Preneste riguarda le linee di tram 5, 14 e 19. Nella serata del 3 luglio la caduta di un albero nei pressi dell'incrocio con via Gattamelata causa la limitazione delle tre linee di tram a Porta Maggiore. Il 4 luglio una voragine si è formata a Trastevere, in vicolo dei Cinque, causando la deviazione della linea 125 fino al 13 luglio. Nel pomeriggio del 2 luglio, il guasto al tergicristallo di una vettura della linea 441 ha causato un disservizio lungo la linea per circa 20 minuti.

#### 4.3.10. Descrizione del 17 dicembre 2010

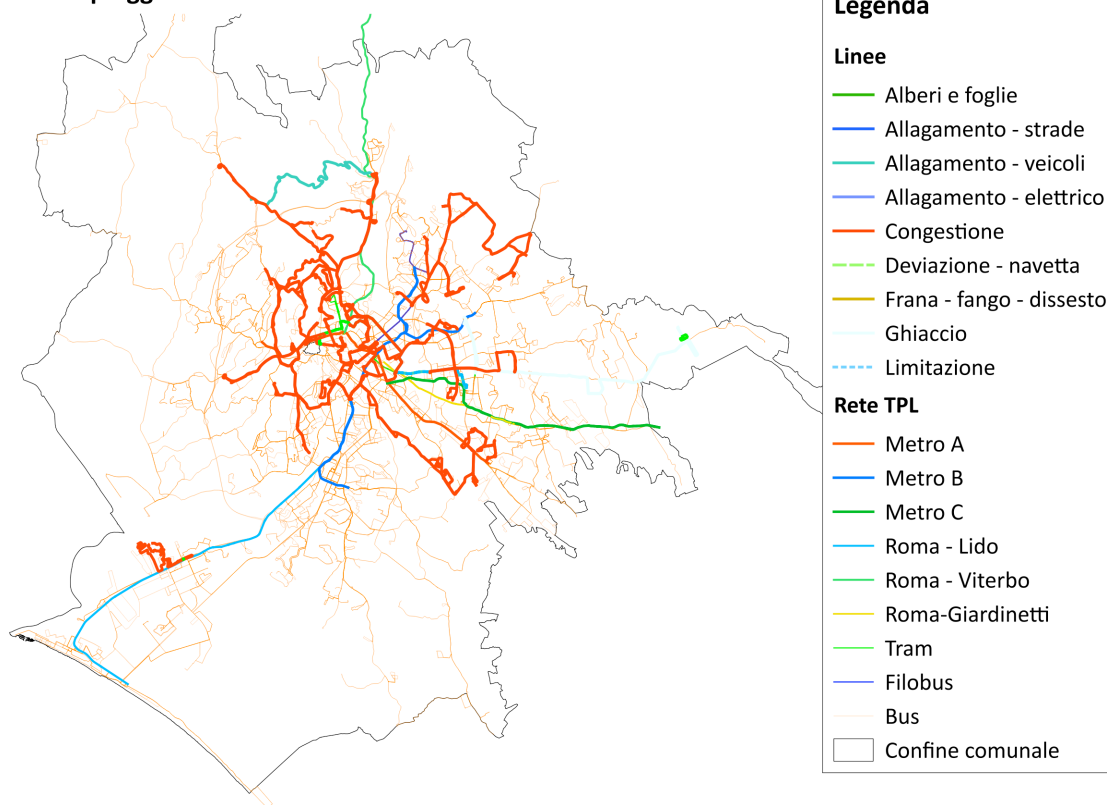


Studio dei dati Atac – 17/12/2010 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Ritornando ai mesi invernali, la giornata studiata conta solamente cinque eventi di disservizio nel funzionamento dei trasporti pubblici che però si ripercuotono su oltre 30 linee. Due sono dovuti alla congestione stradale, uno causato dalla presenza di ghiaccio sulla strada, due al guasto di un veicolo.

Le zone interessate sono Acilia, Giardini di Corcolle, Parioli e Prima Porta. Non ha invece particolare localizzazione, in assenza di dati più precisi, l'evento di congestione che riguarda la parte centrale della città al termine del servizio, quindi tra le 23.30 e oltre la mezzanotte. Lo stesso fonogramma indica genericamente condizioni meteorologiche avverse che generano ingombri sull'intera rete urbana dalle 11 fino al termine del servizio.

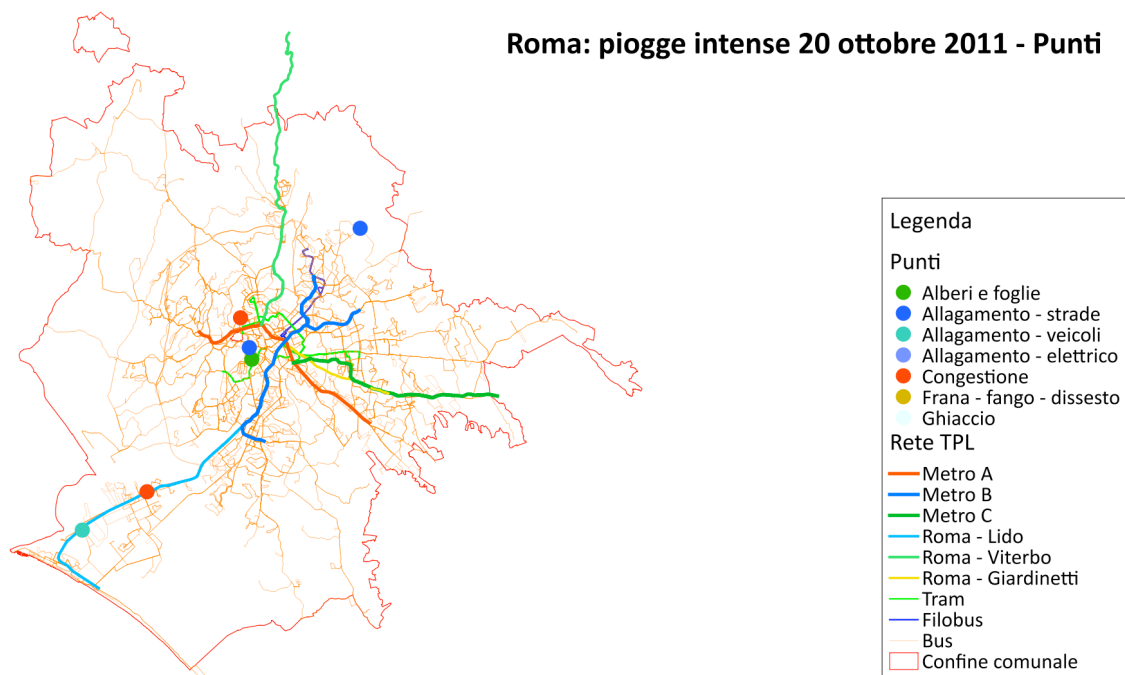
## Roma: piogge intense 17 dicembre 2010 - Linee



Studio dei dati Atac – 17/12/2010 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Un altro evento di congestione all'incrocio tra via Ostiense e via Acilia rallenta il passaggio delle linee 04 barrato e 012, che vengono deviate su via dei Romagnoli saltando parte del loro percorso. La presenza di ghiaccio in via S. Elpidio a Mare nella località periferica Giardini di Corcolle causa la deviazione della linea 508. Il primo dei due guasti riguarda il tram 19 in via Rossini per il quale viene istituito un servizio navetta tra Valle Giulia e piazza del Risorgimento e che viene limitato tra piazza dei Gerani e Porta Maggiore. Anche una vettura della linea 303 si è guastata nei pressi della stazione Prima Porta.

#### 4.3.11. Descrizione del 20 ottobre 2011

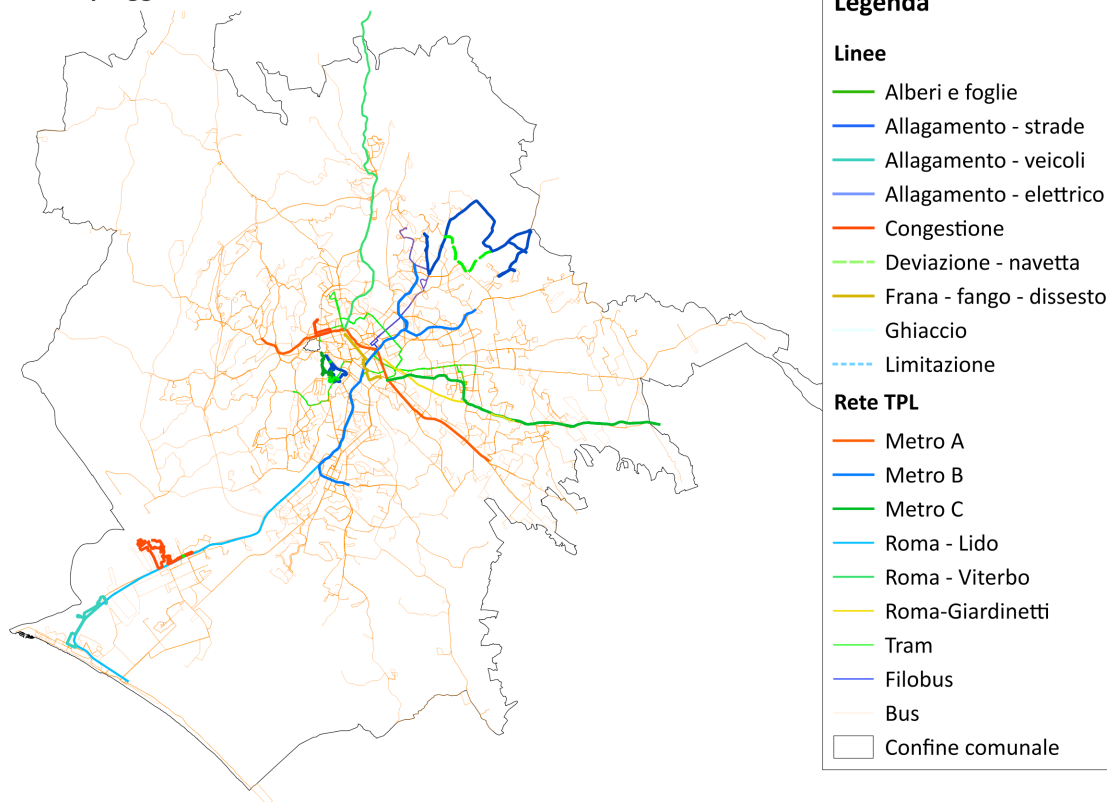


Studio dei dati Atac – 20/10/2011 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La pioggia intensa e il vento (massimo 37 km/h, raffiche a 56) hanno caratterizzato questa giornata autunnale, causando sette eventi. Due sono riconducibili ad allagamenti, due dovuti alla congestione, uno causato dalla caduta di un albero, uno dovuto al cedimento di un tombino, uno al guasto di un tergivetro.

Le zone interessate sono Acilia, rione Monti, Trastevere, Della Vittoria, Ostia Antica, Cinquina. Un allagamento si è verificato in via Marcigliana nei pressi dell'incrocio con via Tor San Giovanni e via della Cesarina, causando la deviazione della linea 308. L'altro evento è avvenuto in via della Lungara e ha indotto la deviazione della linea 125. Non lontano dal luogo di quest'ultimo evento, la caduta di un albero in via Garibaldi rende necessaria la deviazione della linea 115.

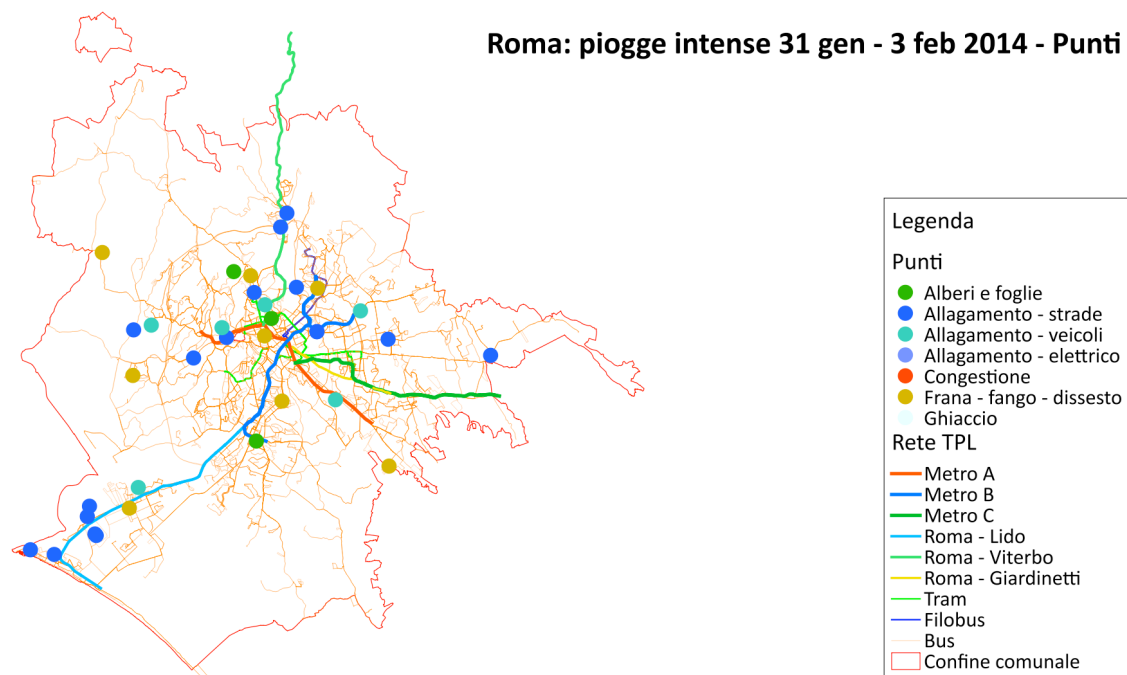
### Roma: piogge intense 20 ottobre 2011 - Linee



Studio dei dati Atac – 20/10/2011 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Per quanto riguarda la congestione, si è ripetuto l'evento di dicembre 2010, con la deviazione lungo via dei Romagnoli delle linee 04 barrato e 012. L'ulteriore evento di congestione riguarda la linea 291 al capolinea di piazzale Clodio. Un guasto al tergicristallo di una vettura genera disservizi per la linea C13. Infine, il cedimento di un tombino in via dei Serpenti all'incrocio con via Leonina influisce sul servizio della linea 117 fino al 2 novembre successivo.

#### 4.3.12. Descrizione della serie di giorni tra il 31 gennaio e il 3 febbraio 2014



Studio dei dati Atac – 31/01-03/02/2014 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

L'ultimo evento studiato per quanto riguarda il fenomeno delle piogge intense riguarda una serie di giorni: il 31 ha piovuto intensamente e i venti hanno raggiunto i 56 km/h con raffiche fino a 85, mentre nei giorni successivi le raffiche sono scese tra i 37 e 50 km/h. Al momento della scrittura si può affermare con sicurezza che questo evento e le conseguenze sulla città sono ancora ben impressi nella memoria dei romani.

La giornata principale per numero di eventi (16) e di linee coinvolte (47) è il 31 gennaio, mentre nei giorni successivi si è registrato un numero minore di eventi comunque riconducibile alla continuazione degli effetti dell'evento principale e al proseguimento delle precipitazioni. La maggioranza relativa degli eventi è riconducibile all'allagamento delle strade (sette), seguita da guasti ai veicoli dovuti alla pioggia (cinque). Problemi legati alle frane (due) e alla caduta di alberi (due) sono le cause dei rimanenti eventi. Le aree della città in cui sono avvenuti questi eventi sono: Parioli, Valle Aurelia, La Celsa, Casal Selce, Ponte Milvio, Labaro, Stazione Tiburtina, Vigna Clara, Quadraro, Stazione Aurelia, Rebibbia, EUR, Rione Ripa, Massimina. Bisogna notare che viene anche genericamente segnalato che vi sono state condizioni meteorologiche avverse su tutta la rete, senza specificare una linea del trasporto pubblico o una zona della città. Inoltre le vetture destinate ad alcune linee sono state utilizzate per servizi sostitutivi al trasporto in metropolitana e in treno e per esigenze di protezione civile.

Il primo giorno di febbraio si sono registrati sei eventi, di cui quattro di allagamento, uno di frana e un altro riconducibile al guasto di un tergicristallo. Le zone della città in cui

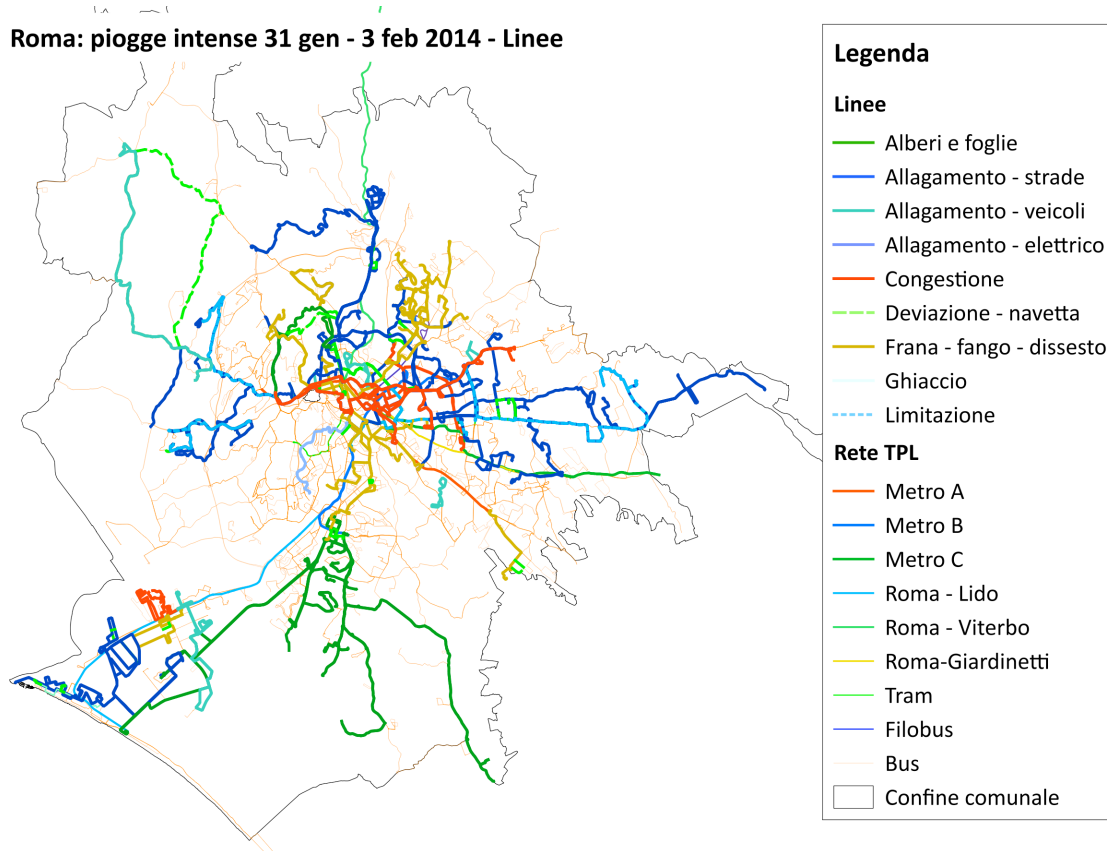


si sono verificati sono le seguenti: Tor Sapienza, Stagni di Ostia, Santa Maria di Galeria, Casalotti, Prati Fiscali. Durante questa giornata non viene svolto il servizio della linea 303, che collega Prima Porta con la stazione La Giustiniana della FL3 passando per l'omonima via. Inoltre, alcune linee sono state distolte dal proprio servizio e messe a disposizione per la linea B della metropolitana e per l'evacuazione di un campo nomadi.

Nella giornata successiva si sono verificati otto eventi, cinque dovuti ad allagamento, uno causato dalla caduta di un albero, uno riconducibile alla formazione di una voragine, uno dovuto al guasto di un tergivetro. Le aree interessate sono: Acilia, rione Campo Marzio, Ostia, Stazione Tiburtina, Lunghezza, Della Vittoria, Ponte di Nona. Inoltre le vetture di alcune linee bus sono state tenute a disposizione delle autorità.

L'ultimo giorno della serie ha visto succedersi dieci eventi: cinque dovuti a problemi al fondo stradale, tre per allagamento, due dovuti alla congestione veicolare uno per un danno a una vettura, uno per guasto a un tergivetro. Le zone coinvolte della città sono le seguenti: Ostia Antica, Stagni di Ostia, Acilia, Morena, Tor Marancia, Monte Sacro. Per i restanti eventi non si è trovata la precisa localizzazione dell'evento scatenante, ma soltanto le linee coinvolte. Si tratta di due di congestione: uno nei pressi di Ostia, causato dal traffico intenso nell'area tra via Ostiense, via del Mare e via di Acilia; l'altro è una conseguenza dell'allagamento dei sottopassi di accesso alla stazione Tiburtina nella giornata precedente, che causa congestione nel pomeriggio nelle vie circostanti.

Roma: piogge intense 31 gen - 3 feb 2014 - Linee



Studio dei dati Atac – 31/01-03/02/2014 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Tra i luoghi ricorrenti torna prevedibilmente l'area della Stazione Tiburtina, bloccata da allagamenti tra la mattina del 31 gennaio e il 1 febbraio e nuovamente tra il primo pomeriggio del 2 febbraio e la mattina del 4.

A Tor Sapienza, nei pressi dell'incrocio tra via di Collatina e via Longoni si è nuovamente verificato un allagamento, come già era accaduto in più punti a dicembre 2008.

Stagni di Ostia e Ostia Antica, località separate dalla ferrovia Roma-Lido nei pressi dell'omonima stazione sono state teatro di quattro eventi di allagamento. Via Bazzini è stata allagata tra il 1 febbraio e il 2 febbraio, evento che si è ripetuto il giorno successivo, causando la deviazione della linea 018. Sempre il 3 febbraio a Ostia Antica si sono allagate prima via dei Fratelli Palma la mattina presto, poi via Fiorelli nella tarda mattinata, in entrambi i casi provocando la deviazione della linea 011.

---

Studio dei dati Atac – 31/01-03/02/2014 – Punti e Linee - zoom Ostia Antica e Valle Aurelia Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

L'area nei pressi della stazione Valle Aurelia della linea A, lungo la via omonima, si è allagata il 31 gennaio dall'inizio del servizio fino al pomeriggio: di conseguenza sono state deviate le linee di autobus 906 e 994. La stessa zona si era allagata a dicembre 2008 con simili conseguenze.

#### **4.4. Calore e mezzi di superficie**

Questo paragrafo contiene la descrizione degli eventi critici per la rete in caso di calore estremo.

##### 4.4.1. Descrizione generale di problemi dovuti a calore

Per quanto riguarda l'aumento delle temperature sono particolarmente vulnerabili le infrastrutture localizzate nel centro storico della città, dove il fenomeno dell'isola di calore urbana è più marcato. Le stazioni sotterranee della metropolitana, delle ferrovie concesse e locali si potranno surriscaldare più facilmente, anche a causa del calore rilasciato dai treni. Già adesso le stazioni della linea A hanno problemi di ventilazione nonostante i recenti lavori ai pozzi di aerazione. In generale l'aumento delle temperature pone le strutture stradali, le coperture di asfalto e i binari ferroviari e tranviari a rischio di deformazione.

##### 4.4.2. Descrizione dei disservizi durante giorni di calore (1999-2014)

La scelta delle giornate di calore estremo negli ultimi 15 anni è stata fatta sulla base della temperatura: sono state scelte le giornate estive in cui la temperatura massima ha superato i 35 gradi Celsius. Gli eventi registrati nei fonogrammi sono raggruppati in sei categorie descritte in ordine alfabetico, che corrispondono anche agli elementi indicati nella legenda in calce alle cartine dei giorni analizzati.

Come sopra per gli eventi di pioggia, nel primo gruppo entrano gli eventi legati agli alberi. Escludendo i problemi dovuti alla caduta di foglie rimane la questione della caduta di rami o di interi alberi che ostruisce il percorso di una vettura.

Seguono problemi ai veicoli riconducibili al calore, tra cui guasti all'avviamento o all'impianto elettrico, acqua di raffreddamento in ebollizione, e altro ancora. Questo perché si suppone che le temperature più alte favoriscano il danneggiamento delle vetture.

Una questione più direttamente riconducibile al caldo è quella dei guasti al sistema di climatizzazione. Un numero sempre maggiore di vetture ha un sistema di condizionamento dell'aria, utile per rendere più vivibile il viaggio durante il periodo estivo. Chiaramente la rottura dell'impianto proprio durante questa stagione rende il guasto più dannoso per l'utenza.

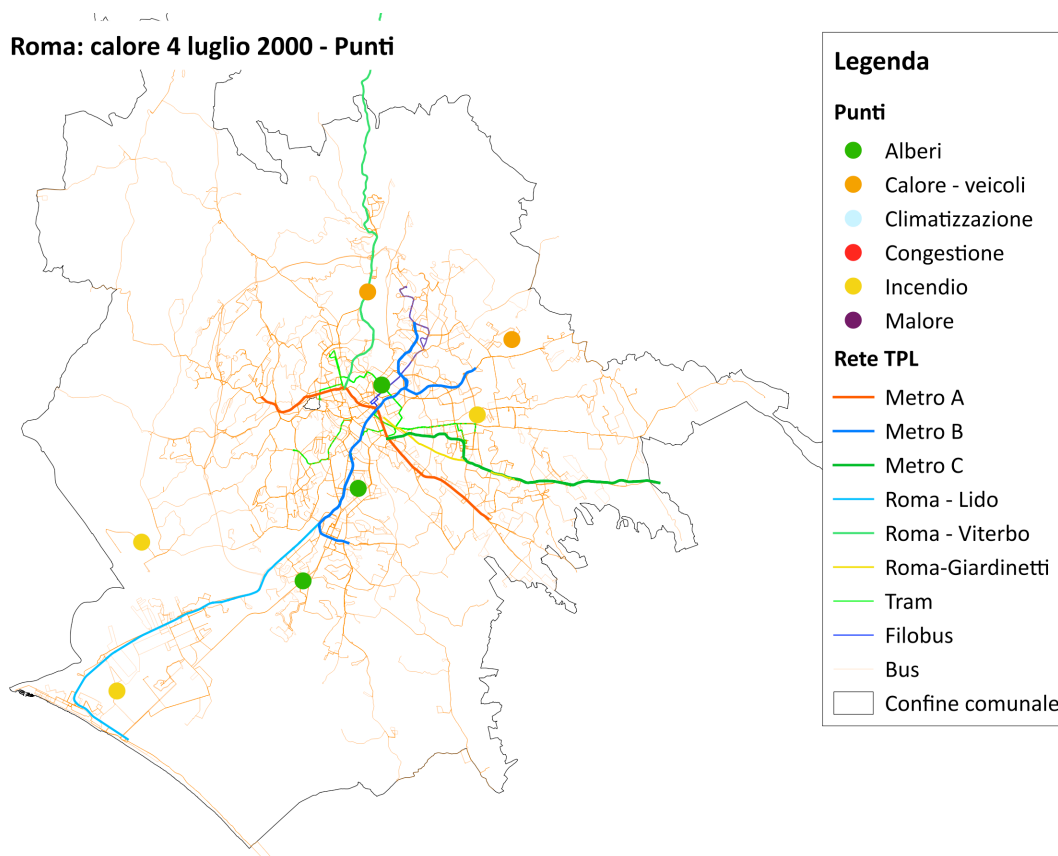
La congestione veicolare è un problema che si presenta anche nei periodi estivi, sebbene non sia direttamente imputabile alle temperature più alte, se non per i guasti di vetture che a loro volta bloccano altri veicoli.

Tra gli eventi più esplicitamente localizzabili vi sono gli incendi, spesso causati da sterpaglie lungo le strade periferiche che attraversano l'agro romano. Tutto questo causa la deviazione e la limitazione delle linee che effettuano quel percorso, con ripercussioni sul funzionamento dei collegamenti.

In ultimo la famiglia che raccoglie i malori, che si ritengono riconducibili alle temperature alte. In questi casi la vettura si deve fermare e attendere l'arrivo dei soccorsi, con la conseguenza di rallentare il servizio della linea interessata.

Dopo l'indicazione delle famiglie di eventi rilevanti, segue la descrizione dei giorni analizzati in ordine cronologico.

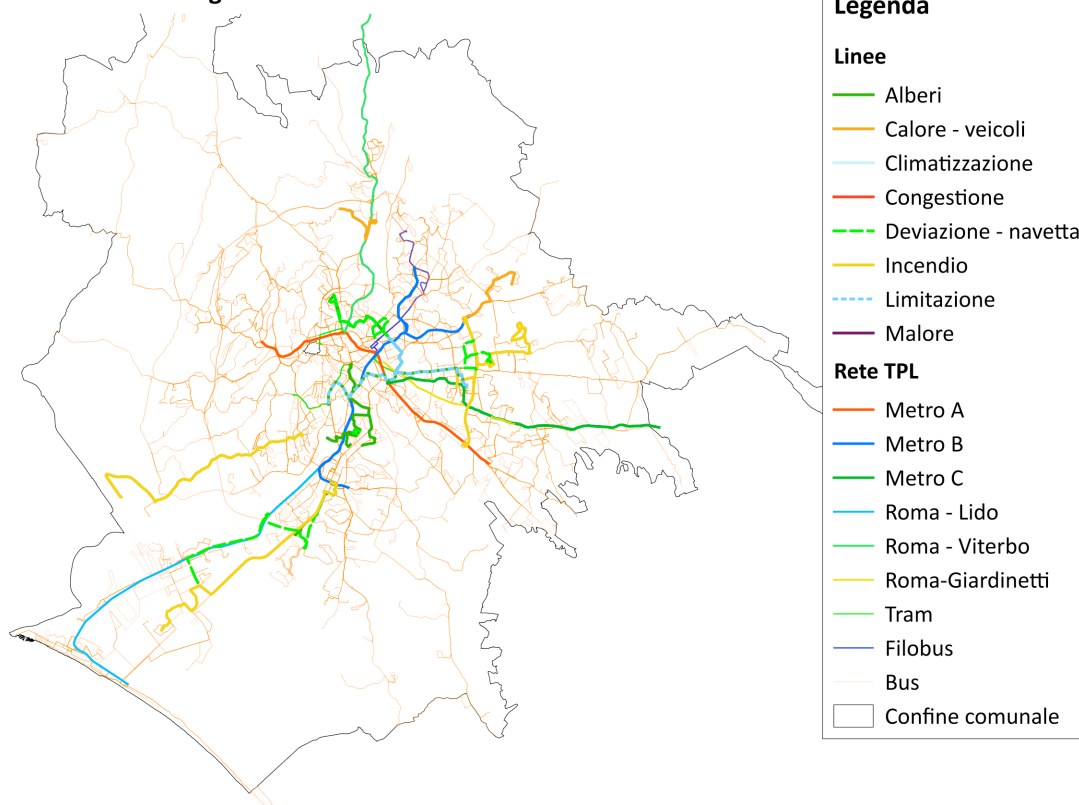
#### 4.4.3. Descrizione del 4 luglio 2000



Studio dei dati Atac – 04/07/2000 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La prima giornata è principalmente caratterizzata da una temperatura massima di 35° C e un'umidità del 26% e vento forte (massimo 59 km/h, raffiche fino a 89). Si sono verificati in tutto otto eventi di cui tre legati alla caduta di alberi, altrettanti di incendio e due di problemi al motore delle vetture. Per quanto riguarda gli incendi va sottolineato che si è trattato di una giornata calda e ventosa, ideale per la propagazione di incendi, tanto che un grosso incendio si è verificato nella pineta di Castel Fusano.

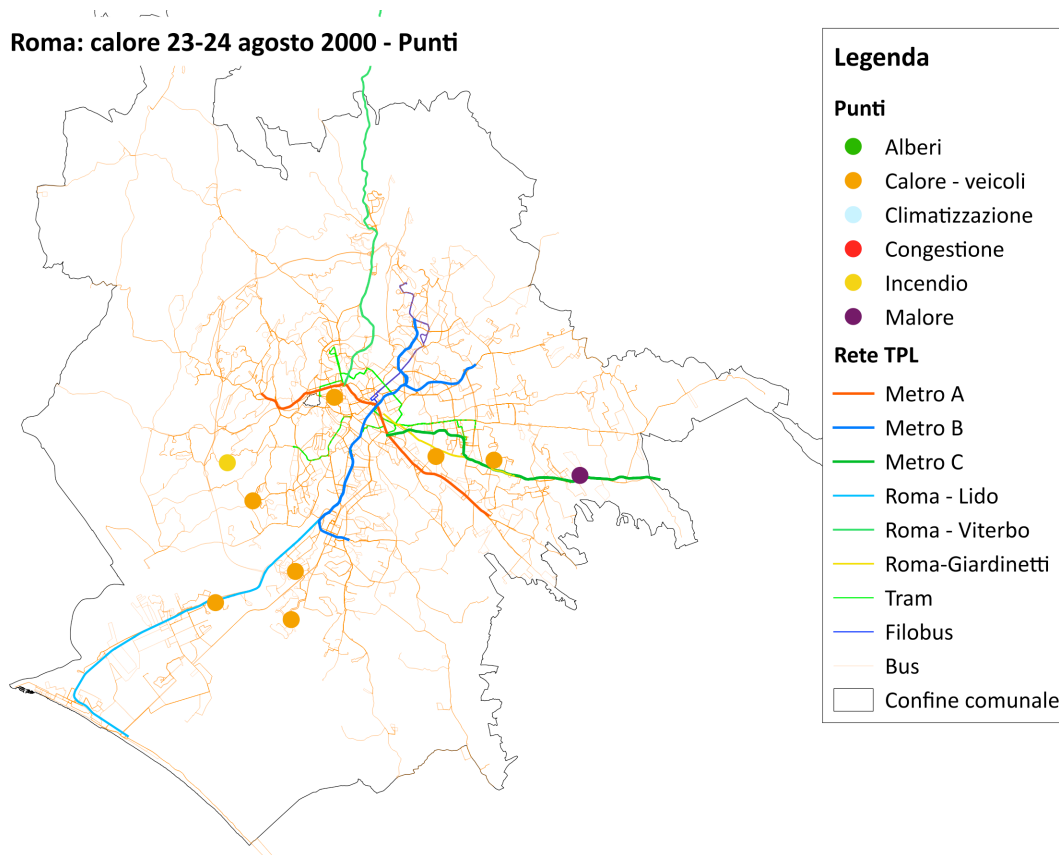
### Roma: calore 4 luglio 2000 - Linee



Studio dei dati Atac – 04/07/2000 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Per quanto riguarda la localizzazione degli eventi, sei sono localizzati all'interno del GRA, mentre due si trovano all'esterno. Le zone colpite sono: Casal Monastero, Grottarossa, Salario, Piana del Sole, Mostacciano, Garbatella, Togliatti, Castel Fusano. Gli incendi hanno riguardato aree periferiche della città: il primo in via di Muratella, nei pressi di Piana del Sole, ha interessato la linea 701. Il secondo, nelle vicinanze del Mattatoio di via Togliatti, ha causato la deviazione delle linee 451 e 543 lungo le vie limitrofe. Infine, un incendio all'interno della pineta di Castel Fusano ha provocato la deviazione della linea 709. La caduta di un albero in viale Regina Margherita ha causato la limitazione dei tram 3 e 19 a piazzale Galeno e l'istituzione di un servizio navetta tra quest'ultimo e piazzale Mancini. Un albero caduto lungo via Cristoforo Colombo ha interessato la linea 700, che è stata di conseguenza deviata sulla via Pontina. Le linee 670 e 715 sono state deviate per la caduta di un albero in via Adelaide Bono Cairoli. Per quanto riguarda i problemi al motore sono state interessate due linee, il 404 per ebollizione e lo 038 per guasto all'avviamento.

#### 4.4.4. Descrizione della serie di giorni tra il 23 e il 24 agosto 2000

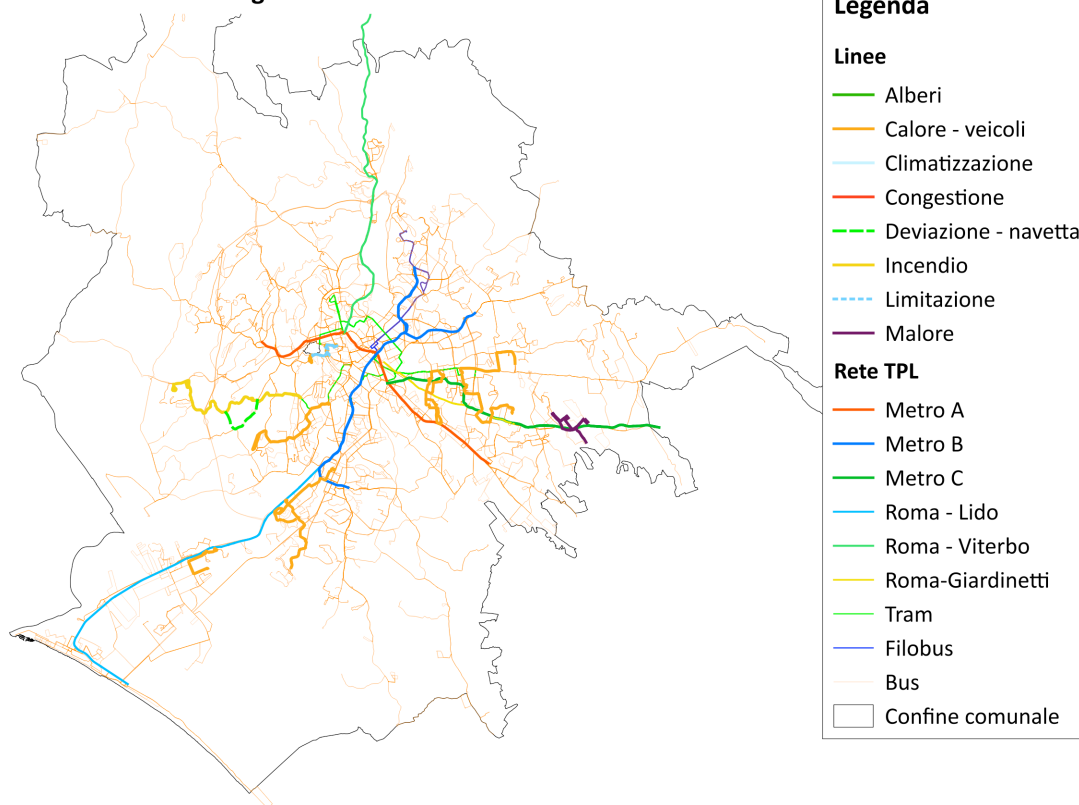


Studio dei dati Atac – 23-24/08/2000 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La prima serie di giorni è stata caratterizzata da una temperatura massima compresa tra 35 e 38° C e un'umidità compresa tra il 52 e il 63%.

Il primo giorno si sono verificati quattro eventi di cui tre legati a guasti ai veicoli e uno di incendio. Le zone interessate sono: Mostacciano, Spinaceto, Pisana e Tor Pignattara. I primi due eventi sono stati causati da un guasto all'avviamento del motore, il primo sulla linea 777, il secondo sulla linea 078. L'ulteriore guasto, per ebollizione, ha interessato la linea 553. L'incendio si è verificato in via della Vignaccia e ha causato la deviazione della linea 088.

### Roma: calore 23-24 agosto 2000 - Linee

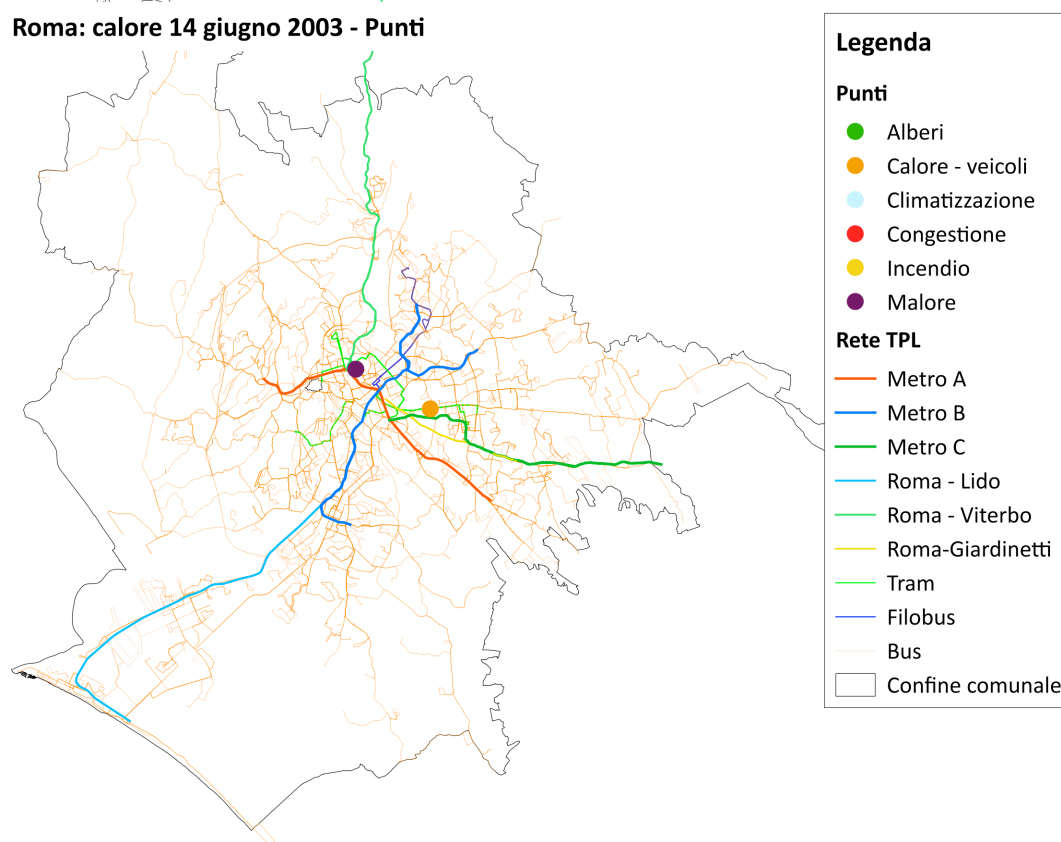


Studio dei dati Atac – 23-24/08/2000 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Il 24 agosto gli eventi sono stati cinque: uno dovuto a un malore, i restanti causati da problemi ad una vettura. Gli eventi si sono verificati a Casal Bernocchi, Torre Maura, Fontana Candida, Prati e Corviale. Il malore è avvenuto su una vettura della linea 057, in via Partanna. Due guasti all'avviamento del motore si sono verificati sulle linee 013 e 34. Sulla linea 312 è stato necessario usare un estintore, mentre un guasto generico ha rallentato la corsa della linea 786.

#### 4.4.5. Descrizione del 14 giugno 2003

##### Roma: calore 14 giugno 2003 - Punti



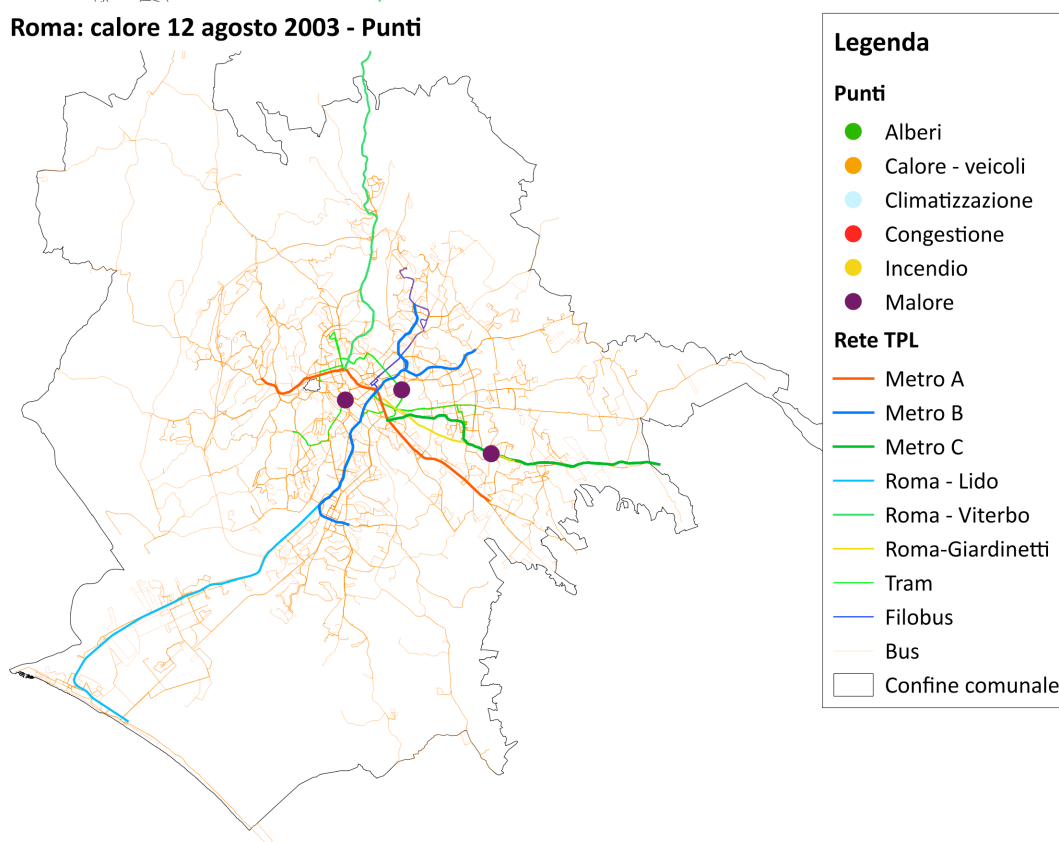
Studio dei dati Atac – 14/06/2003 – Punti e Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

In questa giornata di giugno solo due eventi risultano riconducibili all'effetto delle temperature, la massima di 35° C e umidità del 50%. Prima di tutto si è verificato un malore sulla linea 495 all'interno di Villa Borghese. In seguito è avvenuto un guasto all'avviamento di un tram linea 5 nei pressi di largo Preneste che ha bloccato di conseguenza anche la linea 14, che condivide parte del percorso con l'altra linea.



#### 4.4.6. Descrizione del 12 agosto 2003

Roma: calore 12 agosto 2003 - Punti

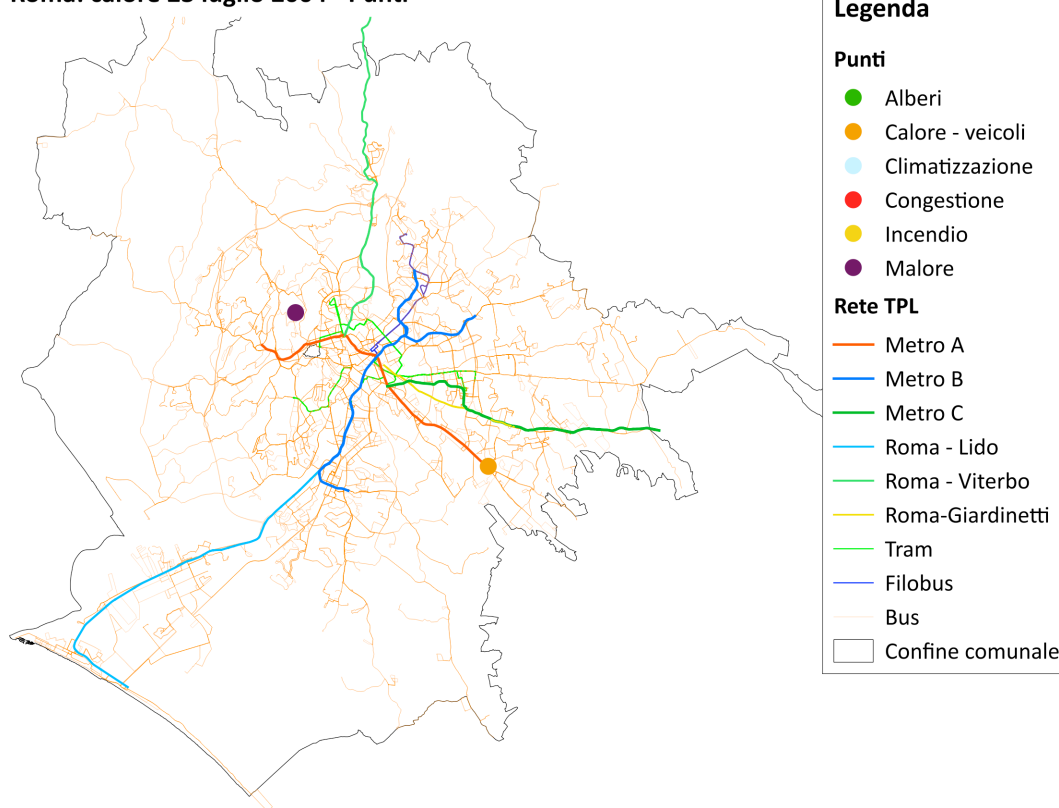


Studio dei dati Atac – 14/06/2003 – Punti e Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Nella seconda giornata dell'estate 2003 le temperature hanno raggiunto 37,4° C e l'umidità è stata del 42% Sul fronte dei trasporti è stata caratterizzata da tre malori. . Il primo ha riguardato la linea 19 ed è avvenuto in piazzale del Verano. Successivamente un malore nei pressi di largo Argentina ha fatto fermare una vettura della linea 64. L'ultimo ha rallentato il percorso della linea 105 lungo via Casilina nei pressi di Torre Spaccata.

#### 4.4.7. Descrizione del 23 luglio 2004

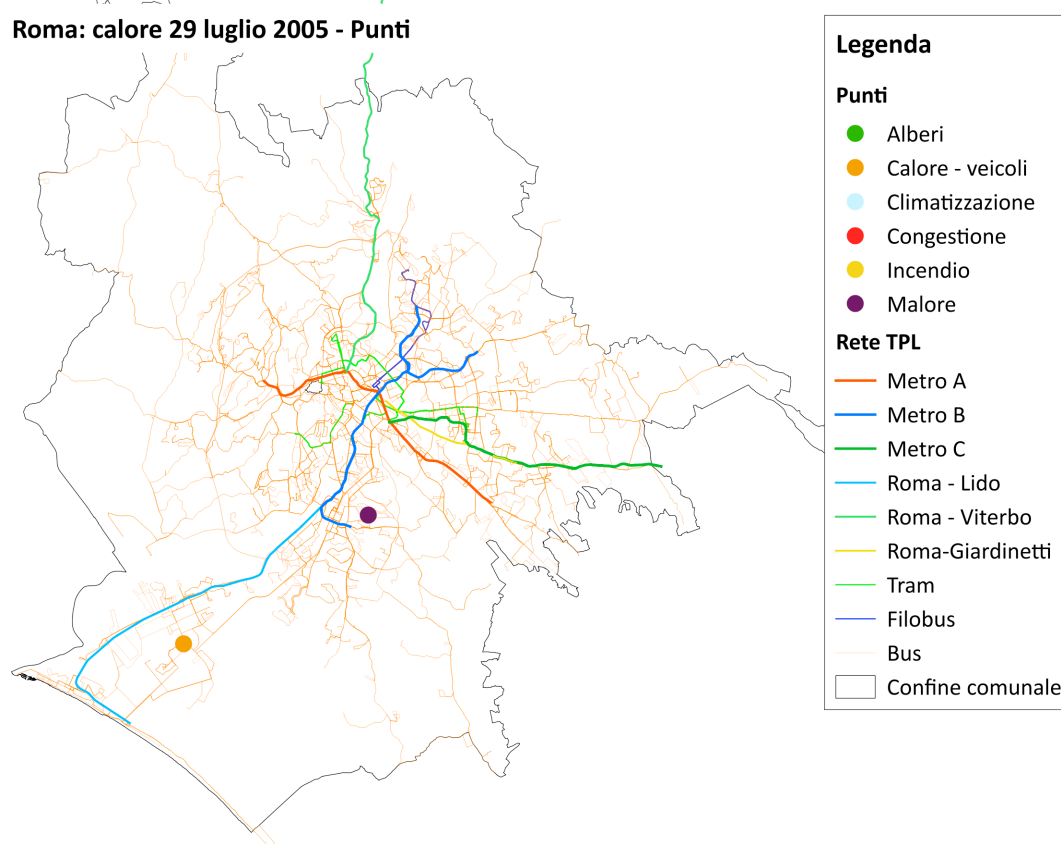
Roma: calore 23 luglio 2004 - Punti



Studio dei dati Atac – 23/07/2004 – Punti e Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Anche la giornata di fine luglio 2004 – temperatura massima di 36° C, umidità del 34% – presenta un numero ridotto di eventi, uno determinato da un guasto al sistema di climatizzazione, uno dovuto a un malore e un altro causato da un guasto al motore. Un altro non ha localizzazione precisa ma si sa che è avvenuto sulla linea tramviaria 8, il successivo è avvenuto in via della Balduina sulla linea 990, mentre l'ultimo ha riguardato la linea 505 presso il capolinea Anagnina.

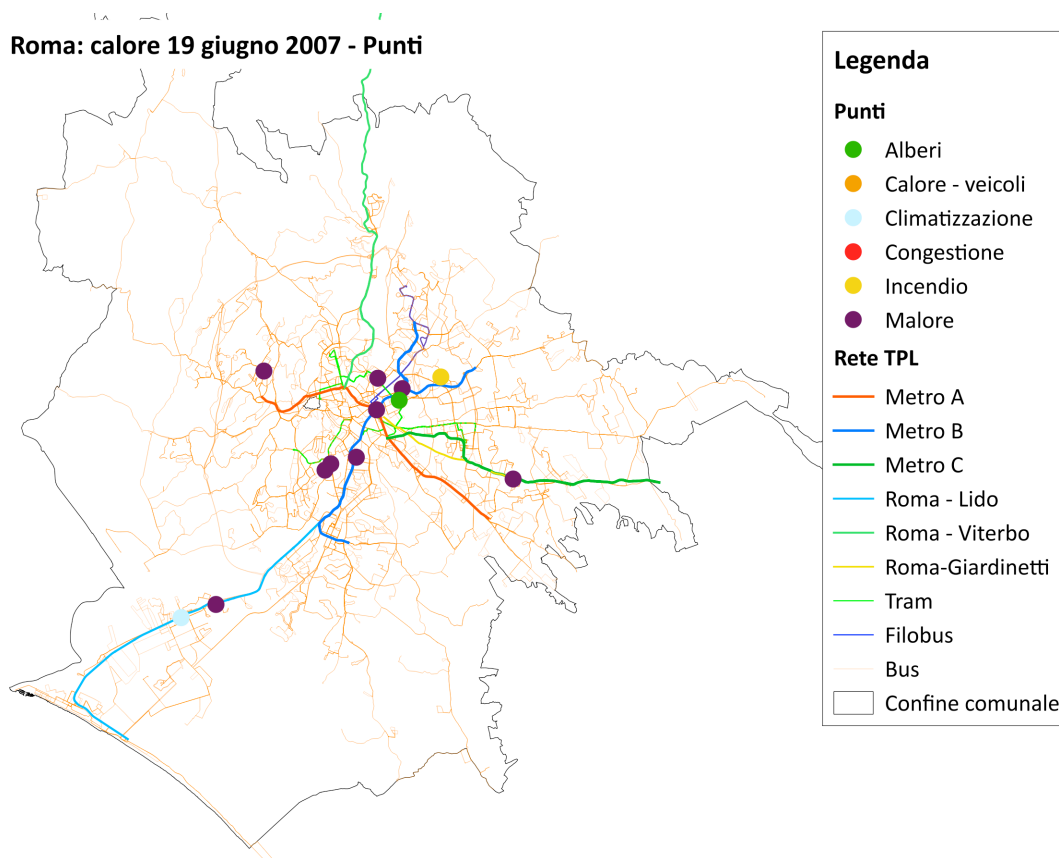
#### 4.4.8. Descrizione del 29 luglio 2005



Studio dei dati Atac – 29/07/2005 – Punti e Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Nella mattinata di questa giornata estiva – temperatura massima di 38° C, umidità del 48% – è stato utilizzato un estintore sulla linea 709 nel quartiere Casal Palocco. In serata, invece, un malore verificatosi in via del Tintoretto ha rallentato il servizio della linea 716.

#### 4.4.9. Descrizione del 19 giugno 2007

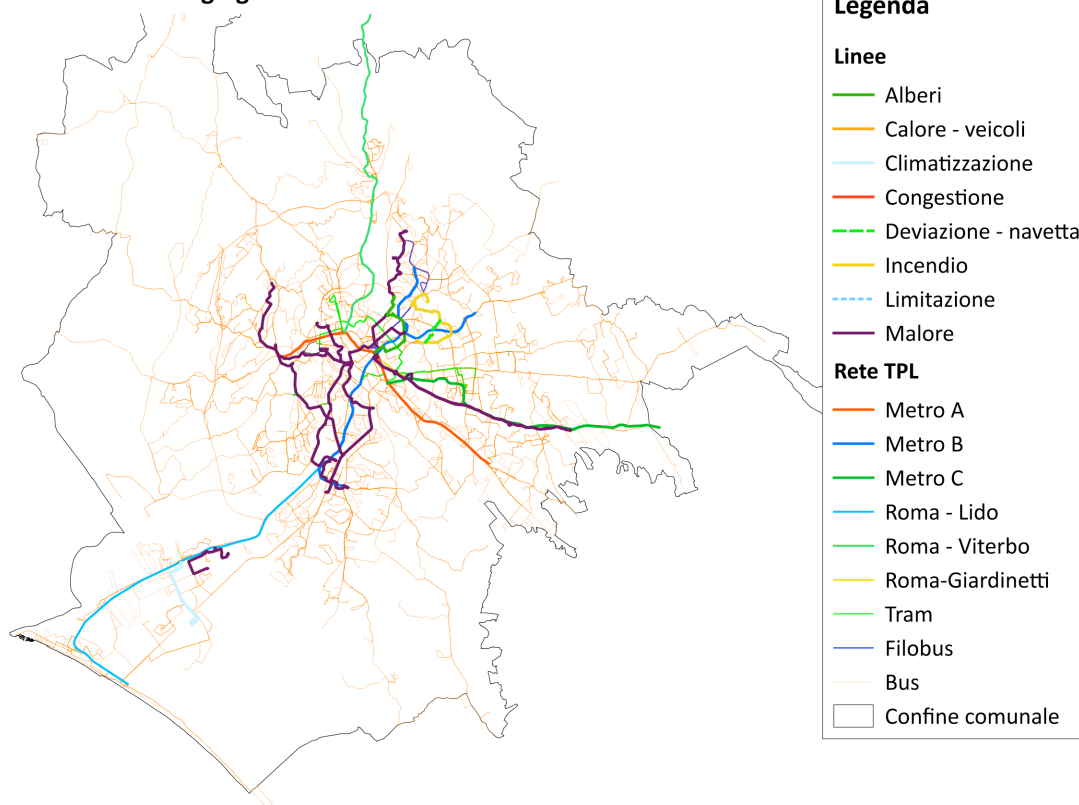


Studio dei dati Atac – 19/06/2007 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Questa giornata è stata caratterizzata da una temperatura massima di 35° C e un'umidità del 53%. Si sono verificati in tutto dodici eventi di cui nove dovuti a malori, uno alla caduta di un albero, uno causato da un incendio e un altro legato a un guasto al sistema di climatizzazione.

Nove eventi sono localizzati all'interno del GRA, mentre tre sono avvenuti all'esterno. Le zone interessate sono: Ostiense, Casal Bernocchi, Termini, Marconi, piazza Bologna, Giardinetti, Acilia, Pietralata, Salario, Città Universitaria, Torvecchia. I numerosi malori hanno interessato nell'arco della giornata le linee 30, 013, 780, 62, 791, 92, 46.

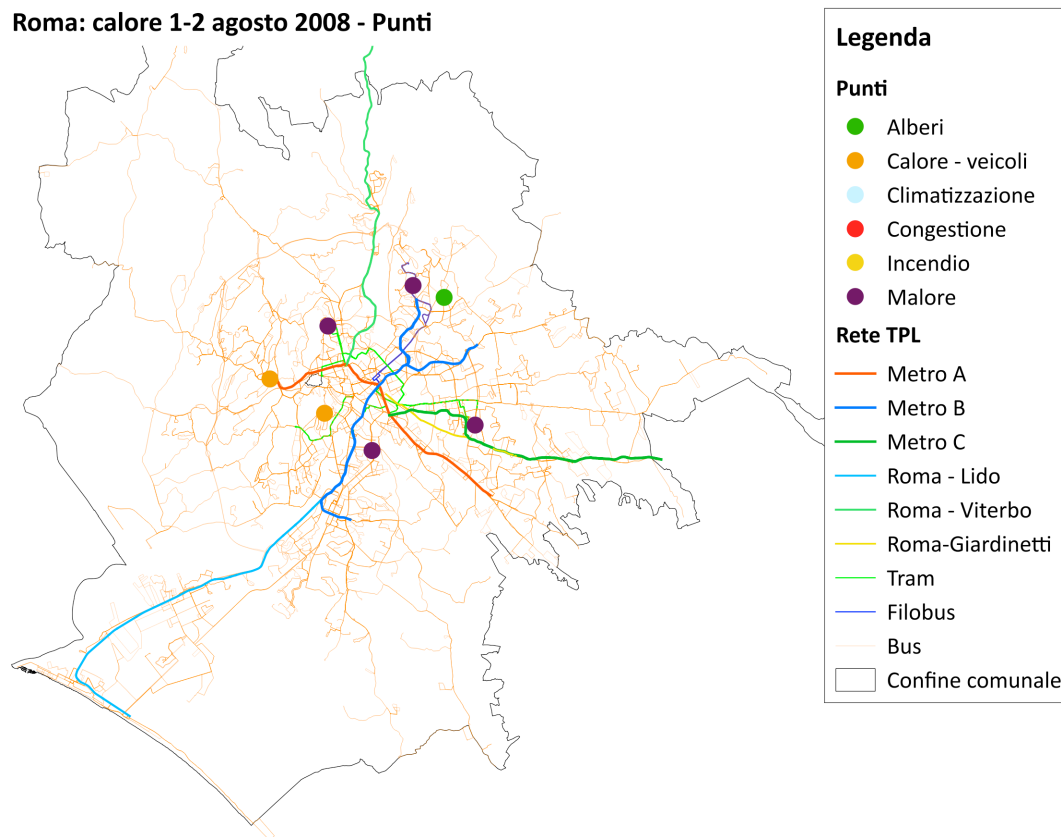
### Roma: calore 19 giugno 2007 - Linee



Studio dei dati Atac – 19/06/2007 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Inoltre, il 105 è stato interessato da due eventi separati, il primo al capolinea della stazione Termini, il secondo all'altezza del Grande Raccordo Anulare. Il guasto al sistema di climatizzazione si è verificato sulla linea 065 presso il capolinea di largo Bertolla. Un incendio in via di Pietralata ha causato la deviazione della linea 111, che ha assunto il percorso del 111 lungo via dei Durantini. Infine, la caduta di un albero in via Ippocrate ha causato rallentamenti sulla linea 310.

#### 4.4.10. Descrizione della serie di giorni tra l'1 e il 2 agosto 2008

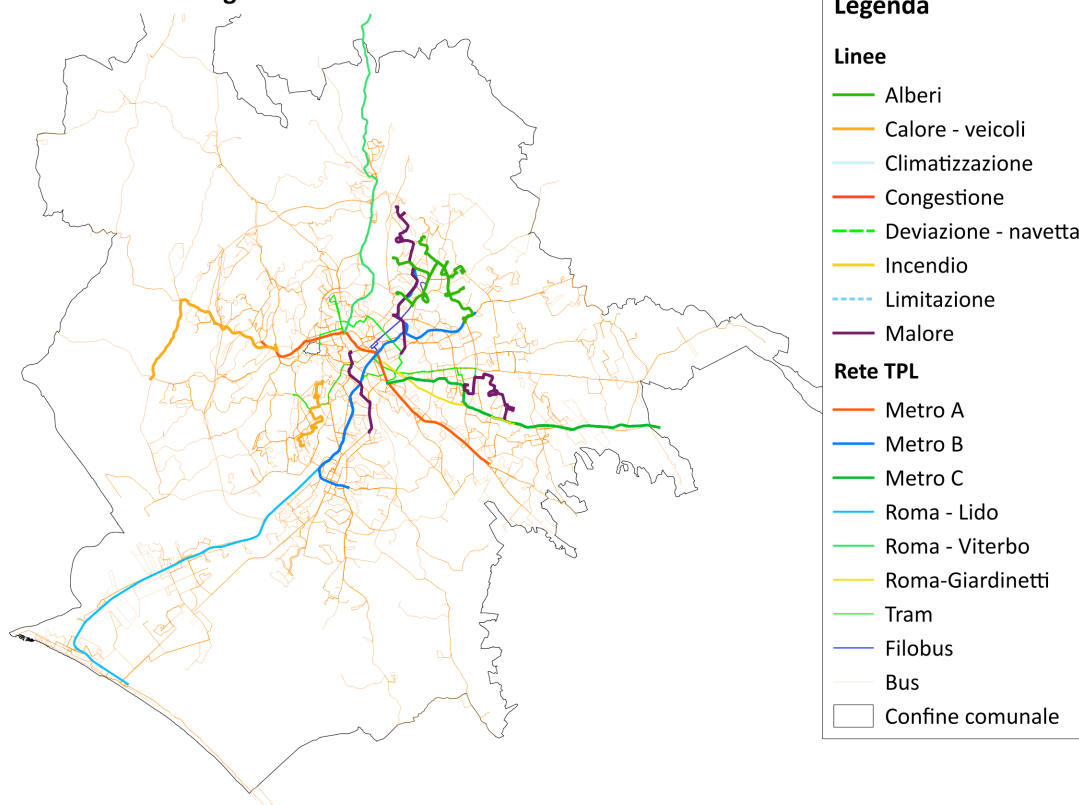


Studio dei dati Atac – 01-02/08/2008 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La seconda serie di giorni è stata caratterizzata da una temperatura massima di 35° C e un'umidità del 56%.

Il primo giorno si sono verificati due eventi dovuti a malore: il primo si è verificato sulla linea 160 lungo via Cristoforo Colombo all'altezza di circonvallazione Ostiense, il secondo sulla linea 556 in via Palmiro Togliatti all'altezza di via dei Platani.

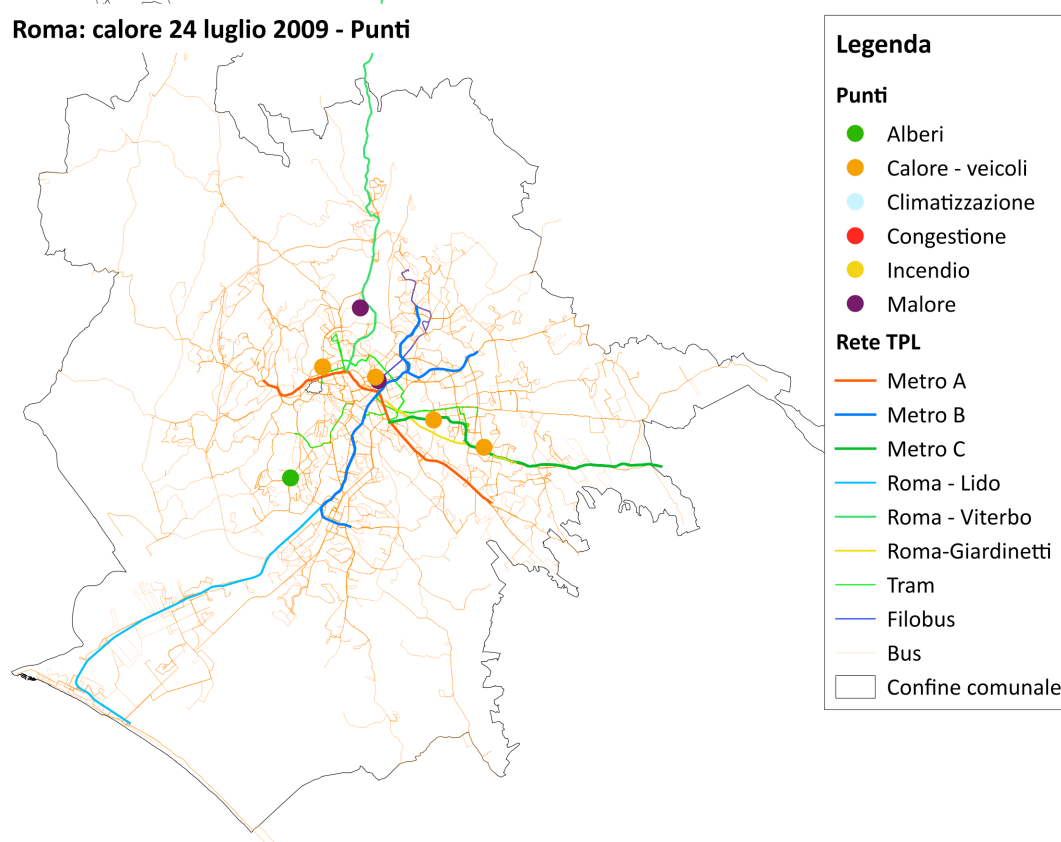
## Roma: calore 1-2 agosto 2008 - Linee



Studio dei dati Atac – 01-02/08/2008 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Il 2 agosto gli eventi sono stati cinque: due dovuti a malore, uno dovuto a un problema di avviamento, uno causato dall'uso di un estintore e uno riconducibile alla caduta di un albero. Gli eventi si sono verificati a Monteverde, Boccea, Val Melaina, Foro Italico e Monte Sacro Alto. Il primo evento di malore è avvenuto sulla linea 93 in via di Monte Cervialto, mentre il secondo ha avuto luogo sul lungotevere Maresciallo Diaz e ha interessato la linea 32. Una vettura della linea 710 ha subito un guasto all'avviamento del motore al capolinea di via Giacinto Carini. Sulla linea 915 è stato necessario usare un estintore in via di Boccea nei pressi di largo Gregorio XIII. Infine, la caduta di un albero in via Renato Fucini all'altezza di via Luigi Capuana ha rallentato le linee 335, 341 e 342.

#### 4.4.11. Descrizione del 24 luglio 2009



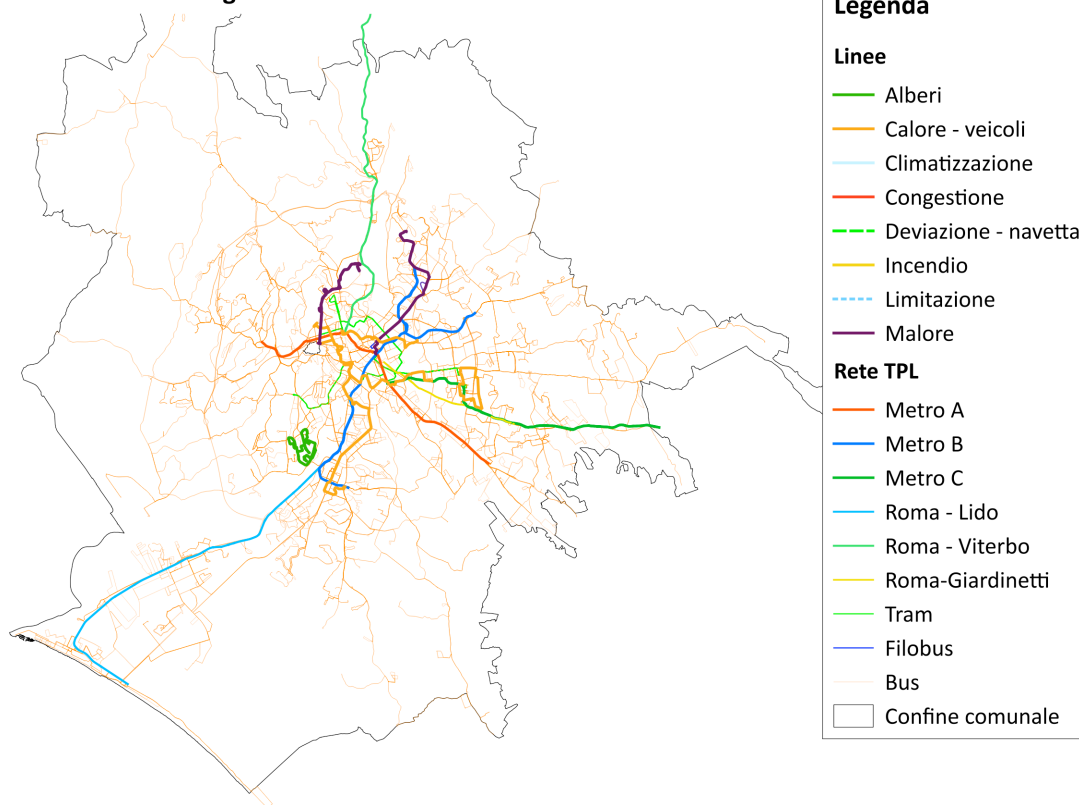
Studio dei dati Atac – 24/07/2009 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La giornata è stata interessata da sette eventi di diversa natura, con temperatura massima di 36° C e umidità del 36%. Quattro eventi sono imputabili a problemi al motore, due sono causati da malore, uno è dovuto alla caduta di un albero.

Tutti gli eventi sono avvenuti all'interno del GRA, in particolare nelle seguenti zone: Tor di Quinto, Portuense, Porta Pia, Alessandrino, Malatesta, piazza Fiume, quartiere Della Vittoria.



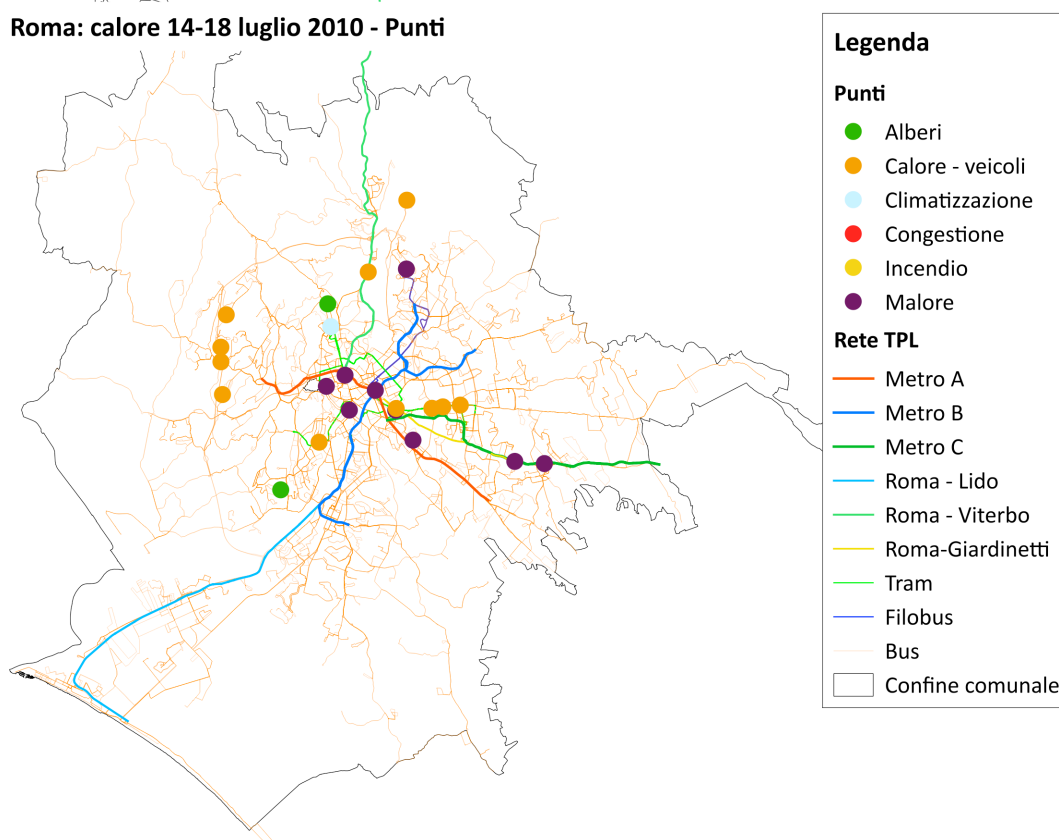
## Roma: calore 24 luglio 2009 - Linee



Studio dei dati Atac – 24/07/2009 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Il primo evento riconducibile a un guasto all'avviamento si è verificato sulla linea 30 all'incrocio tra via Mazzini e viale Angelico. Il successivo guasto ha riguardato la linea 491 in via Calabria. L'ultimo guasto all'avviamento della giornata è avvenuto su una vettura della linea 81 in via Roberto Malatesta. Un problema di ebollizione dell'acqua di raffreddamento ha interessato il 114 in viale Alessandrino. Il primo evento di malore si è verificato in viale di Tor di Quinto su una vettura della linea 32. L'altro è invece avvenuto sulla linea 90 in via Venti Settembre. La caduta di un albero in via S. Pantaleo Campano ha invece impedito il percorso della linea 711.

#### 4.4.12. Descrizione della serie di giorni tra il 14 e il 18 luglio 2010



Studio dei dati Atac – 14-18/07/2010 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Questa serie di giorni si svolge lungo cinque giorni in cui le temperature massime sono state comprese tra 35 e 38° C e l'umidità tra 53 e 65%.

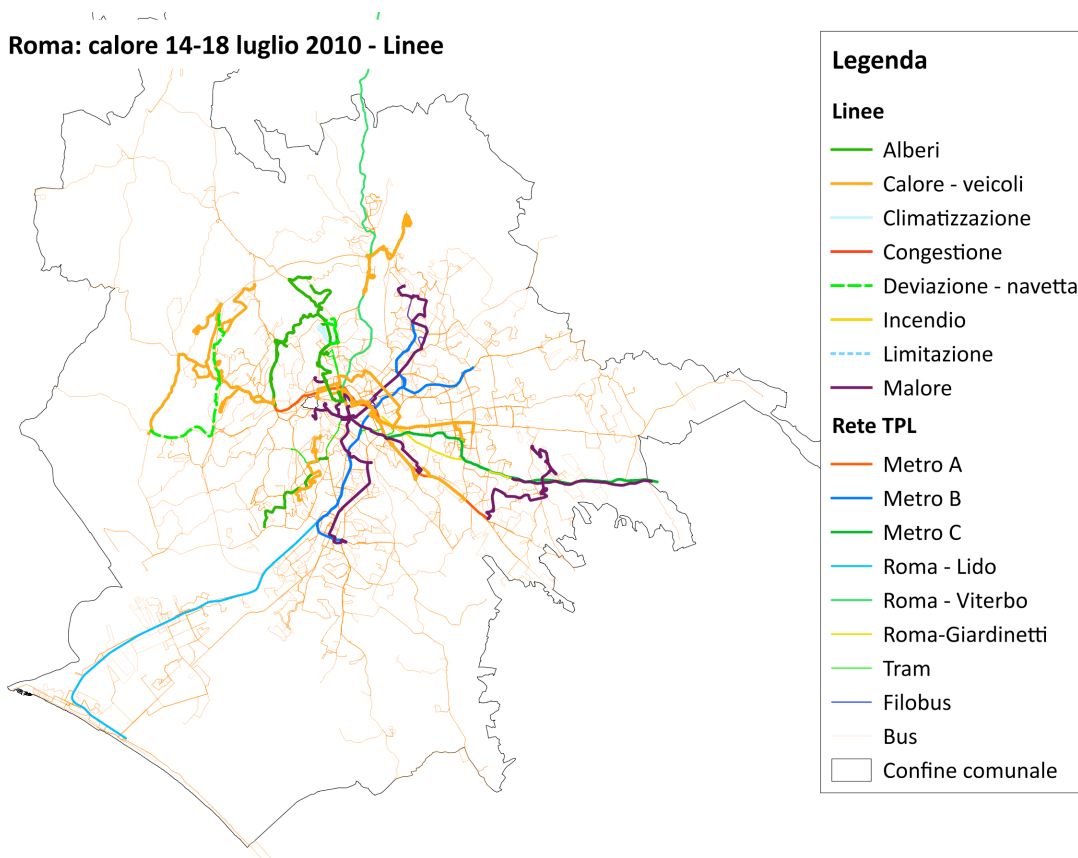
Il primo giorno si sono verificati quattro eventi, di cui due dovuti a guasti alla climatizzazione, uno a malore e un altro a guasto all'avviamento. I due guasti al sistema di condizionamento non sono localizzabili perché l'informazione non è inserita nel fonogramma: il primo riguarda la linea 188 che attraversa il quartiere Della Vittoria, mentre il secondo interessa la linea 590 che collega piazza del Risorgimento con Cinecittà. In questo caso la sostituzione della vettura con una di maggiore grandezza non permette il transito in alcune vie del centro e rende necessaria una deviazione. L'evento di malore è avvenuto sulla linea tram 19 a Porta Maggiore. Il secondo è stato causato dal guasto all'avviamento di una vettura del tram 14 nei pressi di Largo Preneste, che ha a sua volta rallentato il servizio delle linee 5 e 19.

Il 15 luglio sono avvenuti due eventi: il primo è stato causato dall'ebollizione dell'acqua di raffreddamento di una vettura della linea 710 in piazzale Dunant; il secondo è dovuto a un guasto all'avviamento in via Pian del Marmo sulla linea 908.

La giornata successiva è stata caratterizzata da otto eventi, di cui tre dovuti a malore, due di ebollizione, uno causato da un guasto alla climatizzazione, uno riconducibile all'uso di un estintore, uno dovuto al guasto dell'avviamento. Le zone in cui si sono

verificati sono: Ottavia, rione Campo Marzio, Della Vittoria, Fidene, Grottarossa, rione Ripa, Torre Angela, Casalotti. Per quanto concerne i malori, il primo si è verificato in via del Corso sulla linea 119, il successivo sulla linea 30 presso il lungotevere dei Pierleoni, l'ultimo in via Duilio Cambellotti sulla linea 20. I guasti per ebollizione sono entrambi avvenuti sulla linea 302, prima in via Salaria in direzione Settebagni, poi presso il capolinea di Grottarossa nell'altro senso di marcia. Il sistema di climatizzazione ha mostrato problemi di funzionamento sulla linea 188 in largo Maresciallo Diaz. Un estintore è stato utilizzato sulla linea 909 all'incrocio tra via di Casal del Marmo e via della Palmarola. Infine un guasto all'avviamento di una vettura del 905 in via di Boccea all'altezza di via della Maglianella interessa il servizio delle linee 904, 905 e 915, causandone la deviazione su percorsi alternativi.

Roma: calore 14-18 luglio 2010 - Linee



Studio dei dati Atac – 14-18/07/2010 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

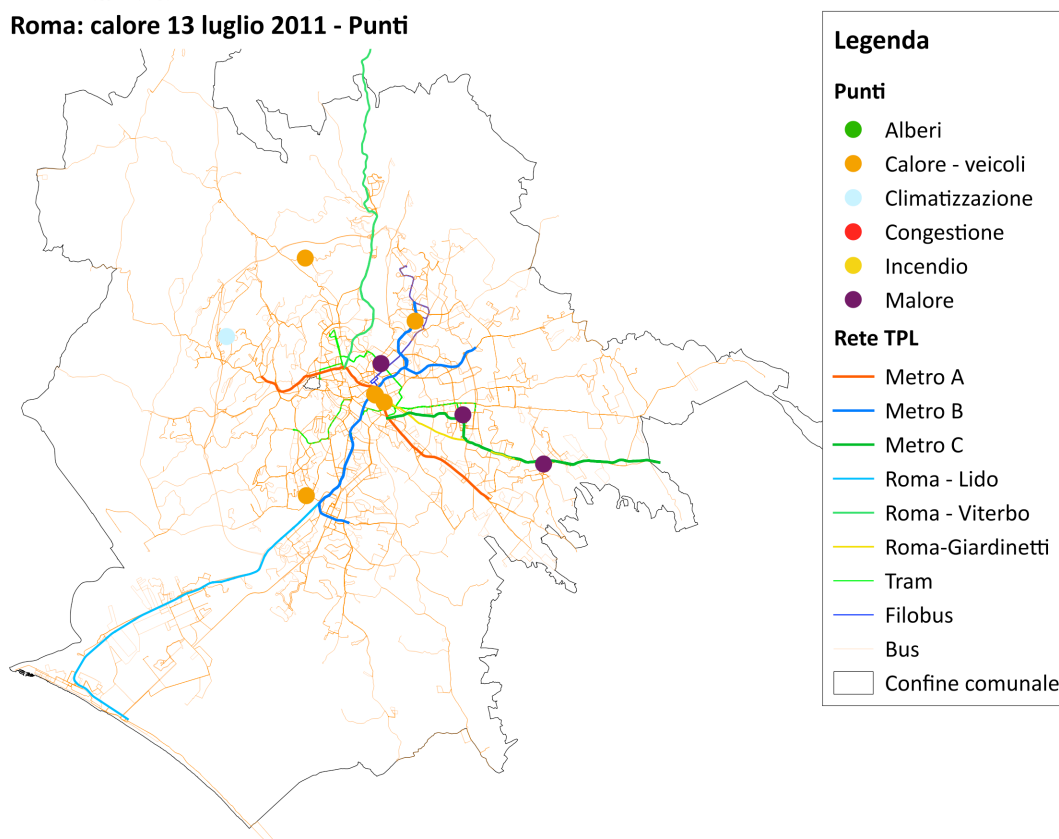
Il 17 luglio sono avvenuti sei eventi, quattro dovuti a problemi di avviamento e due causati da malore. I quartieri interessati sono i seguenti: Montespaccato, Porta Maggiore, Serpentara, Giardinetti, Collatino e Centocelle. Il primo guasto all'avviamento riguarda la linea 980 presso il capolinea di via Antonio Pane. In piazza di Porta Maggiore un guasto all'avviamento del tram 14 contribuisce a bloccare il transito delle linee 5 e 19. Un'ora più tardi una vettura di quest'ultima linea si ferma per lo stesso motivo lungo via Prenestina, all'altezza di largo Irpinia, limitando il transito delle linee 5 e 14. Nel pomeriggio il 14 si ferma nuovamente sulla Prenestina all'altezza di

via Cocconi. Un episodio di malore interessa la linea 36 presso il capolinea di largo Labia, mentre un altro avviene sulla linea 106 presso il capolinea di Giardinetti.

L'ultima giornata della serie è caratterizzata da cinque eventi: tre di malore e due dovuti a problemi con alberi. Le aree della città in cui sono avvenuti questi eventi sono: Termini, rione Borgo, Vigna Clara, Portuense e Tuscolano. Il primo malore della giornata è avvenuto alla stazione Termini e ha interessato la linea 64. Successivamente si è fermata per lo stesso motivo una vettura della linea 40 in via della Traspontina. L'ultimo malore si è verificato in via Tuscolana nei pressi della chiesa di Santa Maria Ausiliatrice sulla linea 85. La presenza di alberi pericolanti nel tratto della via Cassia tra piazza dei Giuochi Delfici e via Pareto ha causato la deviazione delle linee 224, 301 e 446. Infine, la linea 228 è stata interessata dalla caduta di un albero in via Monte delle Piche.

#### 4.4.13. Descrizione del 13 luglio 2011

Roma: calore 13 luglio 2011 - Punti

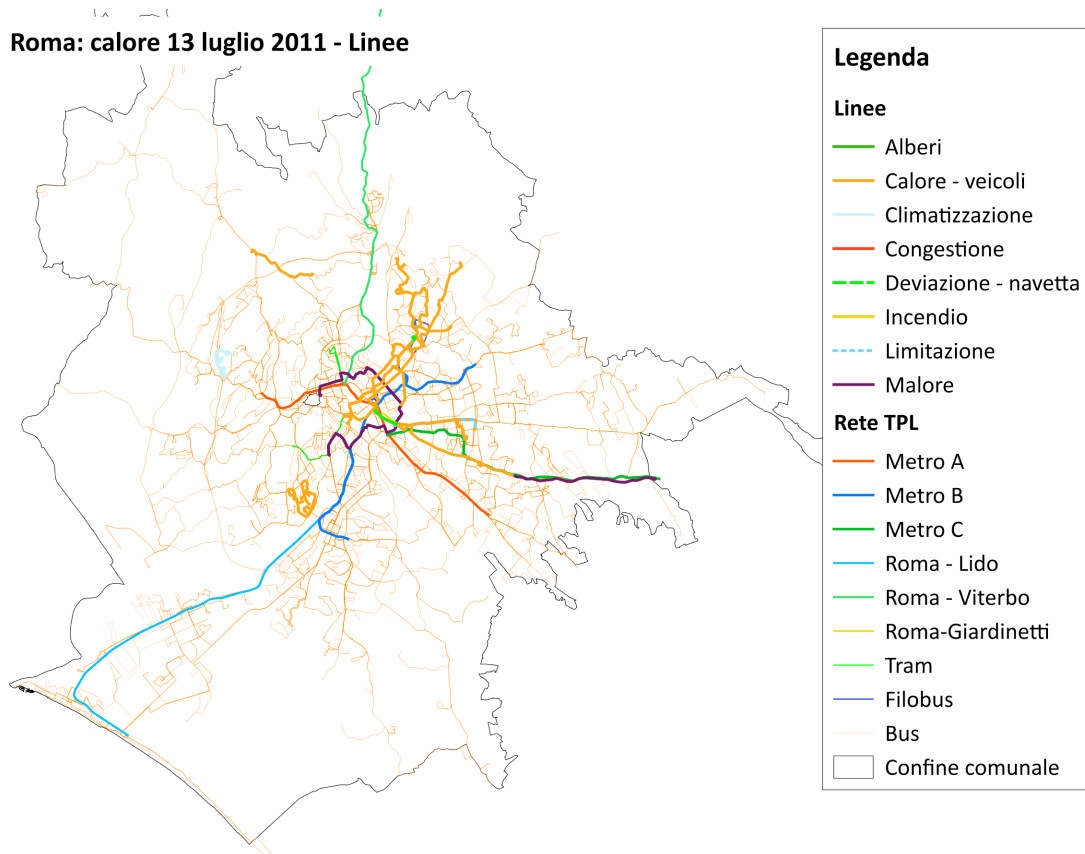


Studio dei dati Atac – 13/07/2011 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La giornata in oggetto è caratterizzata da una temperatura massima di 37° C e umidità del 48%. Si sono verificati dieci eventi, la cui maggior parte (sette) è ascrivibile a problemi al motore, mentre tre sono imputabili a malore.

Gli eventi sono accaduti nei seguenti quartieri della città: Termini, Salaria, Casal del Marmo, Torre Angela, Centocelle, viale Newton, Tomba di Nerone, rione Esquilino,

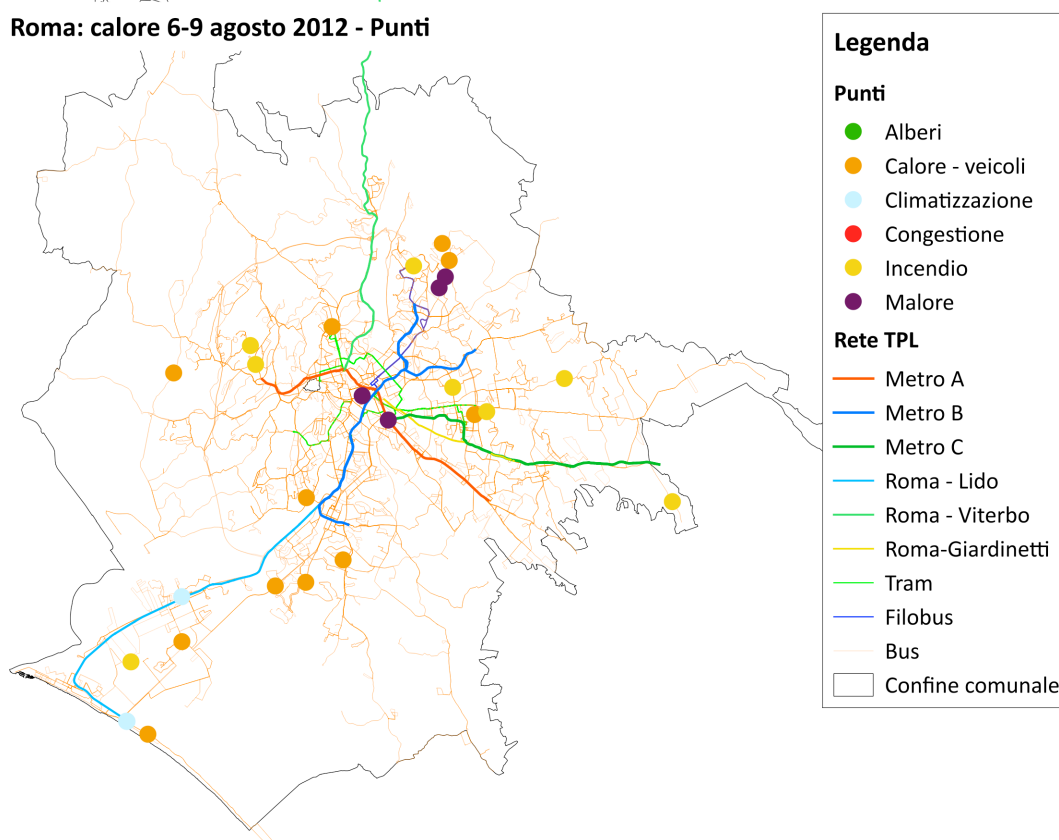
Monte Sacro. Il primo guasto riguarda l'avviamento di una vettura della linea 105 che si ferma all'incrocio tra via Napoleone III e via Gioberti e blocca il transito alle linee di tram 5 e 14. Lo stesso tipo di guasto interessa un'ora più tardi il tram 14 in via Farini, bloccando a sua volta il 5: il servizio di entrambe le linee è limitato tra i capilinea esterni e piazza di Porta Maggiore. L'evento successivo riguarda il guasto al sistema di climatizzazione di una vettura della linea 908 al capolinea di via Grondona. I seguenti due guasti sono attribuibili all'ebollizione dell'acqua di raffreddamento e interessano la linea 021 in via di Grottarossa e la linea 711 presso il capolinea di via Petrelli.



Studio dei dati Atac – 13/07/2011 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Un altro guasto all'avviamento interessa il 14 all'inizio di via Principe Eugenio con la conseguente interruzione della linea 5 entrambe le linee limitano tra i capilinea esterni e piazza di Porta Maggiore, mentre tra quest'ultima e la stazione Termini è istituito un servizio sostitutivo di bus navetta. Un guasto generico ferma la linea 38 in piazza Conca d'Oro, interessando altre cinque linee bus (63-80-84-86-93) che vengono deviate all'interno dell'omonimo capolinea. I tre eventi imputabili a malore riguardano il tram 3 nei pressi di Villa Albani, la linea 105 in via Casilina angolo via Cambellotti e il tram 19 in via dei Castani.

#### 4.4.15. Descrizione della serie di giorni tra il 6 e il 9 agosto 2012



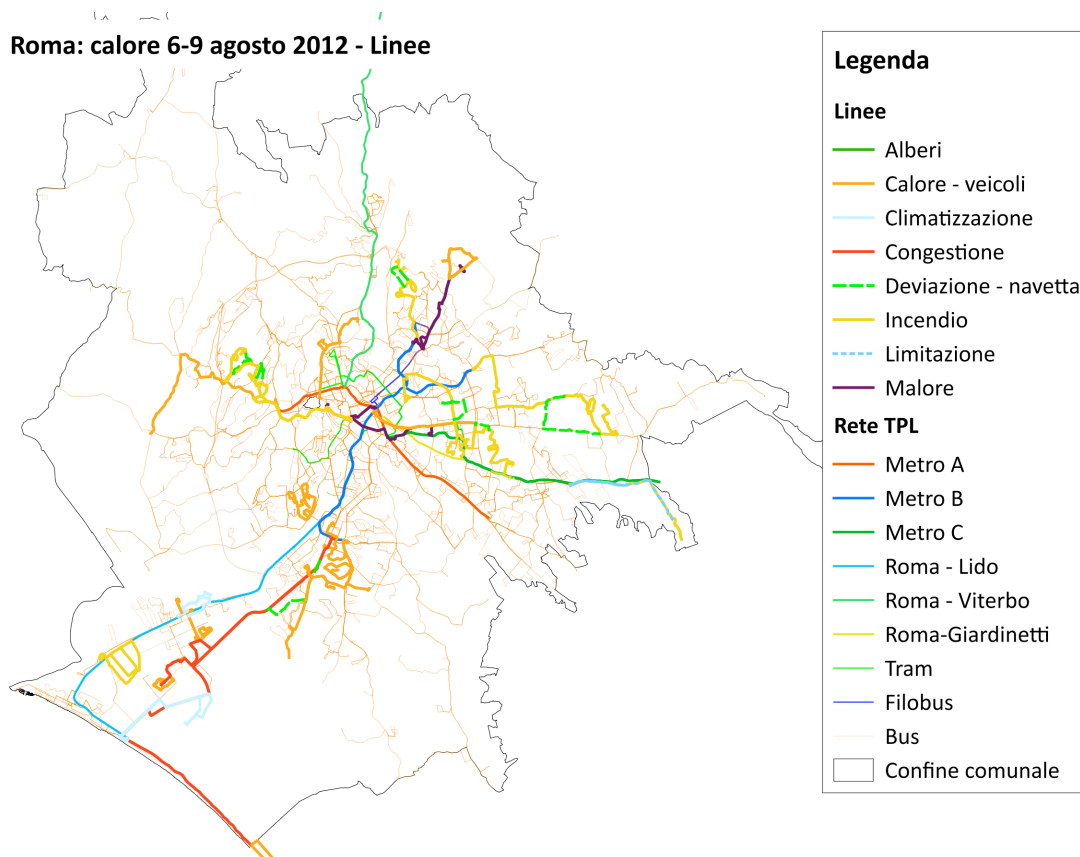
Studio dei dati Atac – 06-09/08/2012 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

La successiva serie dura quattro giorni in cui le temperature massime sono state comprese tra 35 e 39° C e l'umidità tra il 49 e il 54%.

Il primo giorno si sono svolti sei eventi, quattro di guasto a una vettura: uno dovuto all'uso di un estintore, uno riconducibile a malore. I quartieri interessati sono Casal Palocco, Tor San Giovanni, Centocelle, San Giovanni e Lido di Castel Fusano. Il primo guasto all'avviamento ha riguardato la linea 016, ferma in via Archelao di Mileto. Un altro guasto di questo genere ha interessato il 340 all'incrocio tra via della Bufalotta e via Tor San Giovanni. Ancora problemi all'avviamento hanno fermato una vettura del tram 14 al capolinea Togliatti. Un guasto generico ha nuovamente riguardato il 340, questa volta in via della Colonia Agricola. È stato usato un estintore lungo via Litoranea sulla linea 070. Infine, un episodio di malore in piazzale Appio ha rallentato il servizio della linea 810.

Nella giornata del 7 agosto si sono verificati sette eventi, di cui tre causati dal guasto a una vettura, due dovuti a malore, uno per l'uso di un estintore, uno di incendio. Gli eventi sono accaduti nelle seguenti zone della città: Tor Tre Teste, Lido di Castel Fusano, Bufalotta, rione Monti, Acilia, viale Newton, Tre Pini. Due guasti hanno riguardato la climatizzazione, il primo di una vettura della linea 066 presso il capolinea Colombo, il secondo della linea 017 al capolinea di Acilia. L'ebollizione dell'acqua di

raffreddamento ha invece fermato il 711 presso il capolinea di via Petrella. I casi di malore riguardano la linea 86 in via della Bufalotta e la linea 40 in via Nazionale. L'uso di un estintore in via Cristoforo Colombo interessa una vettura della linea 709, che subisce ritardi per la conseguente congestione e viene deviata insieme alla linea 070 lungo via Pontina e i quartieri Spinaceto e Tre Pini. Infine, nella tarda mattinata un incendio interessa via Targetti causando la deviazione delle linee 556 e 565.

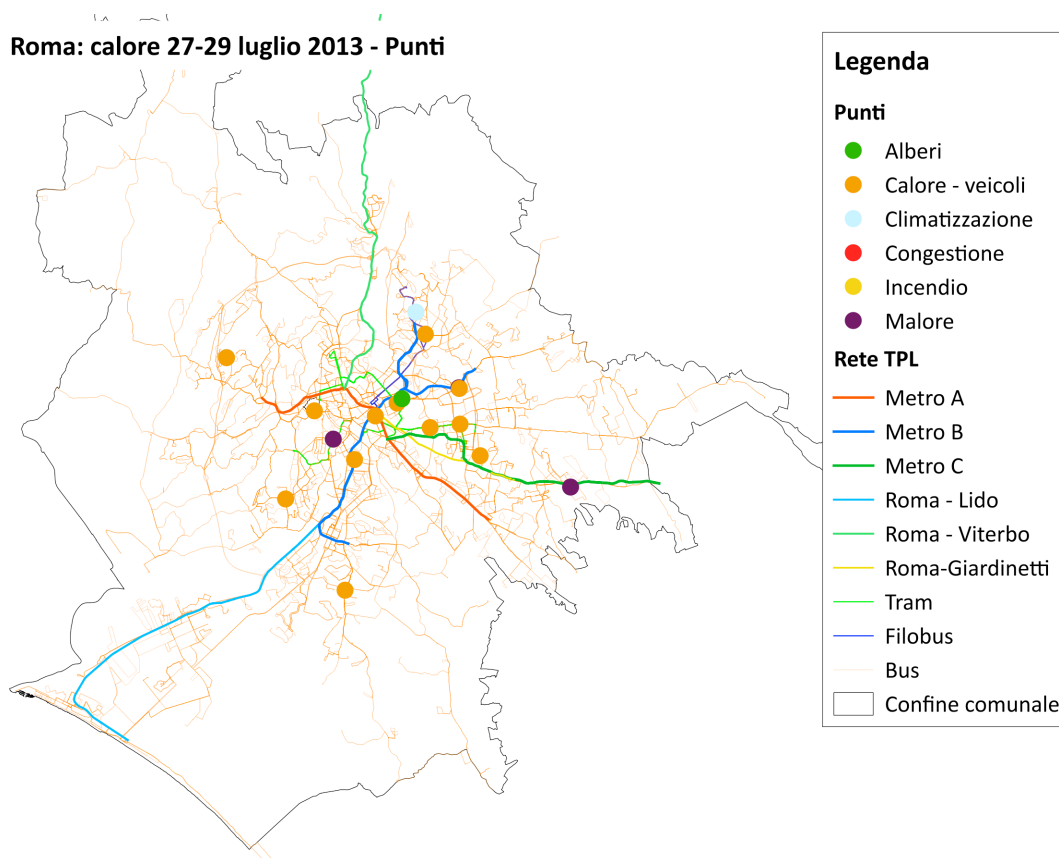


Studio dei dati Atac – 06-09/08/2012 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Il giorno successivo sono avvenuti 11 eventi, tra i quali cinque di incendio, tre legati a guasti, due per l'uso di un estintore, uno di malore. Le aree in cui questi hanno avuto luogo sono: Farnesina, Casal Selce, Spinaceto, Lido di Castel Fusano, Stagni di Ostia, Quartaccio, Salone, Torrecchia, Vigne Nuove, Serpentara. I cinque incendi riguardano parti periferiche della città: il primo interessa la linea 018 in via dei Pescatori; due eventi relativamente vicini causano entrambi la deviazione della linea 916 e riguardano via Andersen, con ulteriore deviazione della linea 987, e via Bembo, con aggiuntivo cambio di percorso della linea 46B; un altro evento in via di Collatina, altezza via di Salone rende necessaria una tortuosa deviazione dello 075 lungo via Prenestina e via dell'Acqua Vergine; l'ultimo incendio, sul viadotto Saragat, causa la deviazione del 93.

Il 9 agosto, ultimo giorno della serie, conta tre eventi: due di incendio e uno dovuto a un guasto all'avviamento.

#### 4.4.16. Descrizione della serie di giorni tra il 27 e il 29 luglio 2013



Studio dei dati Atac – 27-29/07/2013 – Punti Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

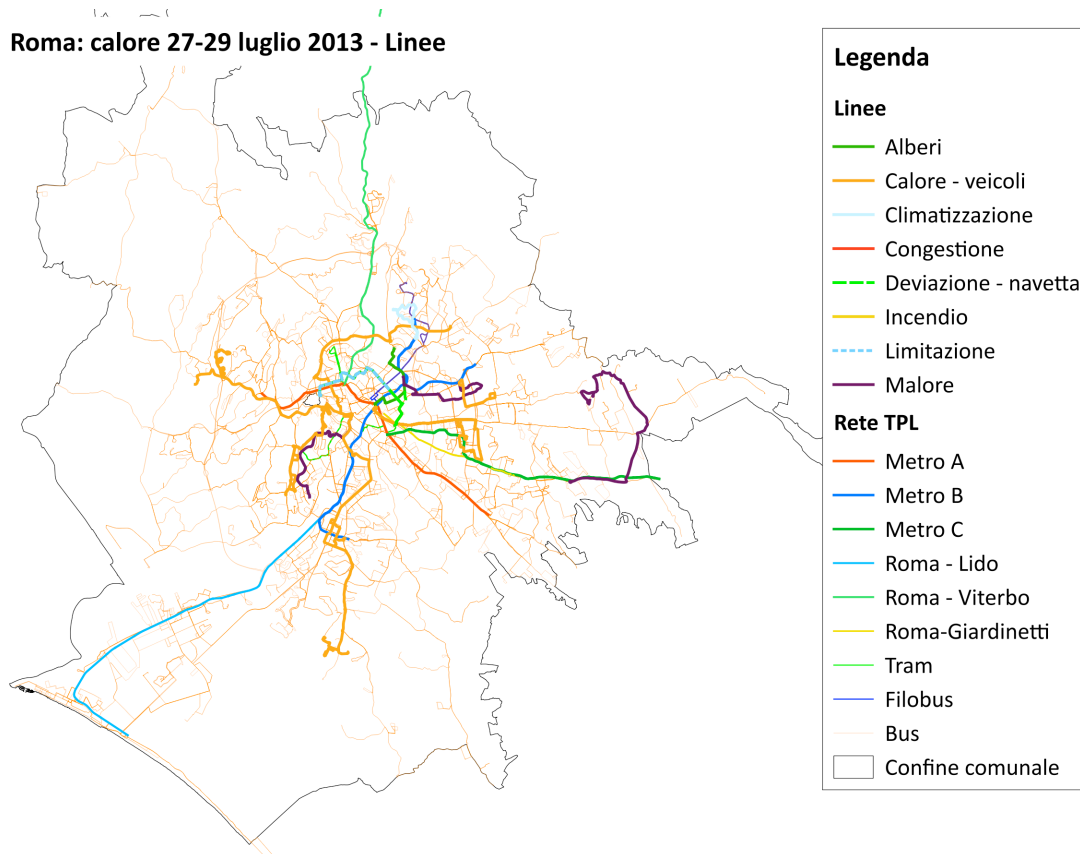
L'ultima serie si svolge nell'arco di tre giorni. Le temperature massime sono state comprese tra 35 e 36° C e l'umidità tra il 56 e il 62%.

Il primo giorno sono avvenuti sei eventi, cinque di guasto a una vettura e uno riconducibile a malore. I quartieri interessati sono: Santa Maria del Soccorso, Prenestino, rione Castro Pretorio, Casal del Marmo, Centocelle, Vigne Nuove. Il primo guasto ha riguardato il motore di una vettura del 14 nei pressi di largo Preneste, fermando di conseguenza anche le linee 5 e 19. Un guasto all'avviamento sulla stessa linea ha rallentato il servizio in via Farini, interessando anche il 5. Ancora problemi all'avviamento hanno fermato una vettura del tram 14 all'incrocio tra via Prenestina e via Cocconi. Problemi al sistema di climatizzazione hanno fermato una vettura della linea 908 al capolinea di via Grondona. Lo stesso tipo di guasto ha poi interessato il 339 in piazza Porro Lambertenghi. Infine, un malore ha rallentato il 309 al capolinea di Santa Maria del Soccorso.

Il 28 luglio si sono verificati due eventi di guasto all'avviamento: il primo è avvenuto in via di Porta Cavalleggeri e ha interessato la linea 190; l'altro ha nuovamente interessato il 908 presso il capolinea di via Grondona.



I restanti dieci eventi si sono verificati l'ultimo giorno della serie. Di questi quattro hanno riguardato problemi al motore, tre sono riconducibili all'uso di un estintore, due sono dovuti a malore, uno è stato causato dalla caduta di un albero. Le zone colpite sono: Alessandrino, Monte Sacro, Città Universitaria, Grotte Celoni, Stazione Ostiense, Santa Maria del Soccorso, Portuense, Fonte Ostiense, rione Trastevere, Nomentana. Problemi dovuti all'ebollizione dell'acqua di raffreddamento hanno interessato il 114 al capolinea di viale Alessandrino. Lo stesso guasto ha fermato la linea 69 in viale Jonio nei pressi di piazza Talenti.



Studio dei dati Atac – 27-29/07/2013 – Linee Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Un guasto all'avviamento riguarda il 442 in via del Badile, mentre un altro si verifica al capolinea di via del Trullo sulla linea 870. Si è fatto ricorso all'uso dell'estintore sul tram 19 in viale Regina Elena all'incrocio con viale dell'Università, rendendo necessarie l'istituzione di un bus navetta nel tratto fra piazzale Galeno e piazzale di Porta Maggiore e la limitazione di una vettura tramviaria tra piazza Risorgimento e piazzale Galeno. Altri due episodi di questo tipo sono avvenuti in piazzale dei Partigiani sul 30 e in via Laurentina nei pressi del GRA sulla linea 707. I due malori hanno interessato lo 055 al capolinea Grotte Celoni e il 44 in viale Glorioso. Infine, un albero è caduto in viale Ippocrate rendendo necessaria la deviazione della linea 310.

#### **4.5. Esondazioni fluviali e innalzamento del livello del mare**

Questo paragrafo illustra due questioni relativamente importanti per Roma, come si è potuto vedere nel capitolo precedente, ma che non hanno avuto un ruolo centrale nell'analisi dei disservizi sulla rete di trasporto pubblico di superficie: il tema delle esondazioni fluviali e quello dell'innalzamento del livello del mare.

Per quanto riguarda il primo, le esondazioni dei corsi d'acqua, in particolare il Tevere, l'Aniene e i rispettivi affluenti rappresentano una questione meno grave, perché le aree a rischio di esondazione sono di dimensioni ridotte e hanno tempi di ritorno molto lunghi. Possono dare preoccupazione gli affluenti minori di Tevere e Aniene: i fossi che attraversano l'agro romano e parte delle periferie possono esondare o rigurgitare le acque dei due fiumi quando questi sono in piena.

Il secondo riguarda le zone costiere della città e le aree a ridosso della duna costiera che si trovano al di sotto del livello del mare, in particolare i quartieri di Ostia, Infernetto e Casal Palocco. Secondo gli ultimi scenari dei cambiamenti climatici, il livello di innalzamento è dell'ordine di decine di centimetri. Come visto nel capitolo precedente, al paragrafo 3.4, la risoluzione dei dati disponibili per il modello digitale del terreno non permettono di calcolare eventuali effetti dell'innalzamento del livello del mare sulla costa romana. Quello che può destare preoccupazione è il rischio legato alle mareggiate (*storm surge*), che durante una tempesta possono fare più danni alle aree costiere anche in caso di basso innalzamento del livello del mare.

Nella ricerca dei dati forniti dall'Atac non risultano problemi per questo tipo di eventi, ma si è in ogni caso deciso di includere questo tipo di effetti dei cambiamenti climatici nella descrizione della ricerca. Nonostante la possibilità che eventi del genere accadano a Roma nel breve periodo sia remota è ugualmente utile menzionarli per completezza.

#### **4.6. Gruppo di controllo**

Fanno parte del gruppo di controllo giornate caratterizzate da eventi che hanno avuto un impatto sulla città e sul sistema di trasporto pubblico: in particolare due eventi religiosi e due eventi sportivi. Si è scelto di studiarli per comprendere se l'analisi delle giornate critiche dal punto di vista meteorologico sia influenzata da un *bias*, da un pregiudizio che porta a sopravvalutare gli eventi riconducibili al calore estremo e alle piogge.

Oltre alle tipologie di evento riconducibili agli eventi meteorologici già descritte sopra, altre quattro tipologie sono specifiche degli eventi di ciascun gruppo di controllo: legati al giubileo, dovuti ai festeggiamenti per lo scudetto, connessi al funerale di Giovanni Paolo II, riconducibili ai festeggiamenti per la vittoria ai mondiali di calcio.

#### 4.6.1. Descrizione del 19 e 20 agosto 2000

In queste due giornate si è tenuta la veglia della giornata mondiale della gioventù, celebrata a Roma durante il Giubileo del 2000 nell'area di Tor Vergata. Le temperature massime sono state tra i 33,4 e i 35° C, l'umidità tra il 14,7 e il 20,3%.

Gli eventi registrati sono stati nella prima giornata otto, di cui tre legati a chiusure stradali per il Giubileo e due dovuti a guasti all'impianto elettrico. Tre chiusure si sono concentrate nelle vicinanze della Basilica di San Pietro e nel centro storico. I tre eventi direttamente legati al Giubileo sono avvenuti a Colli Aniene, nei pressi di Subaugusta e nell'area circostante l'area di Tor Vergata, dove si è tenuta la veglia. I guasti hanno interessato le aree di Rebibbia e Bravetta.

Il giorno successivo sono stati registrati un altro evento legato al giubileo, tre guasti al motore e un caso di malore. L'evento giubilare ha sempre interessato le aree in cui si è svolta la veglia. I guasti hanno interessato Tor San Giovanni (avviamento), San Vittorino (ebollizione) e Ostia Antica (avviamento). Il malore è avvenuto nei pressi del Parco di Centocelle.

#### 4.6.2. Descrizione del 17 giugno 2001

Questa giornata è ricordata per la vittoria del campionato di calcio di serie A da parte della A.S. Roma; La temperatura massima è stata di 26° C, l'umidità pari al 70%.

Sono stati rilevati otto eventi, tre dovuti ai festeggiamenti per lo scudetto, due dovuti a guasti all'impianto elettrico, uno di chiusura per lo svolgimento della partita di calcio Roma-Parma, uno dovuto alla caduta di un albero, uno per congestione dovuta al traffico intenso. I festeggiamenti per lo scudetto riguardano linee che attraversano tutta la città all'interno del GRA. I guasti all'impianto elettrico hanno interessato le zone Primavalle e Ostia Antica. La chiusura al traffico con conseguenti deviazioni avviene nell'area circostante lo stadio Olimpico. La caduta di un albero avviene nel quartiere Nomentano. La congestione riguarda l'area di piazza San Giovanni.

#### 4.6.3. Descrizione dell'8 agosto 2005

In questo giorno sono stati celebrati i funerali di papa Giovanni Paolo II, a cui hanno partecipato rappresentanti degli stati e numerosi fedeli. La temperatura massima è stata di 16° C, l'umidità del 71%, è caduto 1 mm di pioggia e il vento ha raggiunto una velocità massima di 53,5 km/h con raffiche fino a 78.

In tutto sono stati segnalati cinque eventi, due per mancanza di tensione, e uno ciascuno per il funerale del Papa, un guasto all'impianto elettrico e un malore. La tensione viene tolta prima di tutto nell'area di piazza del Risorgimento lungo il percorso del 19, in seguito nel quartiere Prenestino, fermando i tram 5 e 14 per i quali viene istituito un servizio navetta. Il funerale di papa Giovanni Paolo II, avvenuto in piazza San Pietro genera deviazioni, limitazioni e soppressioni su numerose linee in un'area non specificata limitrofa alla Basilica. Il guasto all'impianto elettrico avviene nei pressi della stazione Tuscolana., mentre il malore avviene nel quartiere Flaminio.

#### 4.6.4. Descrizione del 9 e 10 luglio 2006

Nella serata del 9 e nelle ore successive si sono tenuti i festeggiamenti per la vittoria dei campionati mondiali di calcio FIFA da parte della nazionale italiana. Le temperature massime sono state tra i 29,2 e i 32,8° C, l'umidità tra il 62 e il 75%.

Gli eventi rilevati sono 12, di cui cinque legati alla coppa del mondo, tre per guasti al motore, tre per malore, e uno dovuto all'apertura di una voragine. Tra gli eventi legati alla coppa del mondo uno è stato programmato per chiudere al traffico l'area del centro storico in cui erano stati installati gli schermi per vedere la partita. Gli altri eventi erano dovuti ai festeggiamenti e hanno riguardato tutta la città, tra cui la perdita dell'ultima corsa per molte linee a causa del traffico. I guasti al motore sono avvenuti a Ostia (avviamento), nel quartiere Flaminio (motore), rione Colonna (avviamento). I malori sono avvenuti a rione Pigna, Prati e in piazza Malatesta. La voragine, con conseguente deviazione della linea interessata (360), si è aperta nel quartiere Parioli.

#### 4.6.5. Verifica dei dati raccolti

Da quanto si è potuto vedere nell'analisi delle giornate di controllo, gli eventi riconducibili a ciascuna particolare tipologia sono superiori – per quantità o per numero di linee coinvolte – alle tipologie dovute a eventi meteorologici estremi.

Tra le giornate analizzate per pioggia e calore esistono ovviamente alcune eccezioni in cui la quantità e l'intensità degli eventi sono molto ridotte e che quindi potrebbero essere influenzate da *bias*:

- 14/06/03 (calore): due eventi
- 12/08/03 (calore): tre eventi
- 05/10/03 (pioggia): due eventi
- 23/07/04 (calore): tre eventi
- 29/07/05 (calore): due eventi
- 07/07/06 (pioggia): quattro eventi

Si tratta di sei giornate su un totale di 23, pari a poco più un di quarto dei casi studiati: non pochi ma nemmeno troppi da rendere nulla la ricerca fatta. Infatti questo non inficia la validità degli eventi studiati, né l'importanza della ricorrenza di alcuni eventi in alcune aree della città. Lo studio ha comunque valore in quanto garantisce la possibilità di dare localizzazione a una serie di eventi e aiuta a comprendere dove e come intervenire perché questo non accada o in ogni caso accada più raramente e con effetti meno deleteri sul funzionamento del trasporto pubblico di superficie.

Il quinto capitolo contiene una raccolta di possibili tipologie di interventi di adattamento della rete di superficie, che deriva direttamente dalle indicazioni sorte dall'analisi delle giornate caratterizzata da eventi meteorologici estremi. Le aree più

colpite e interessate da più tipologie di intervento sono considerate come luoghi in cui intervenire con azioni critiche e trattate a parte.

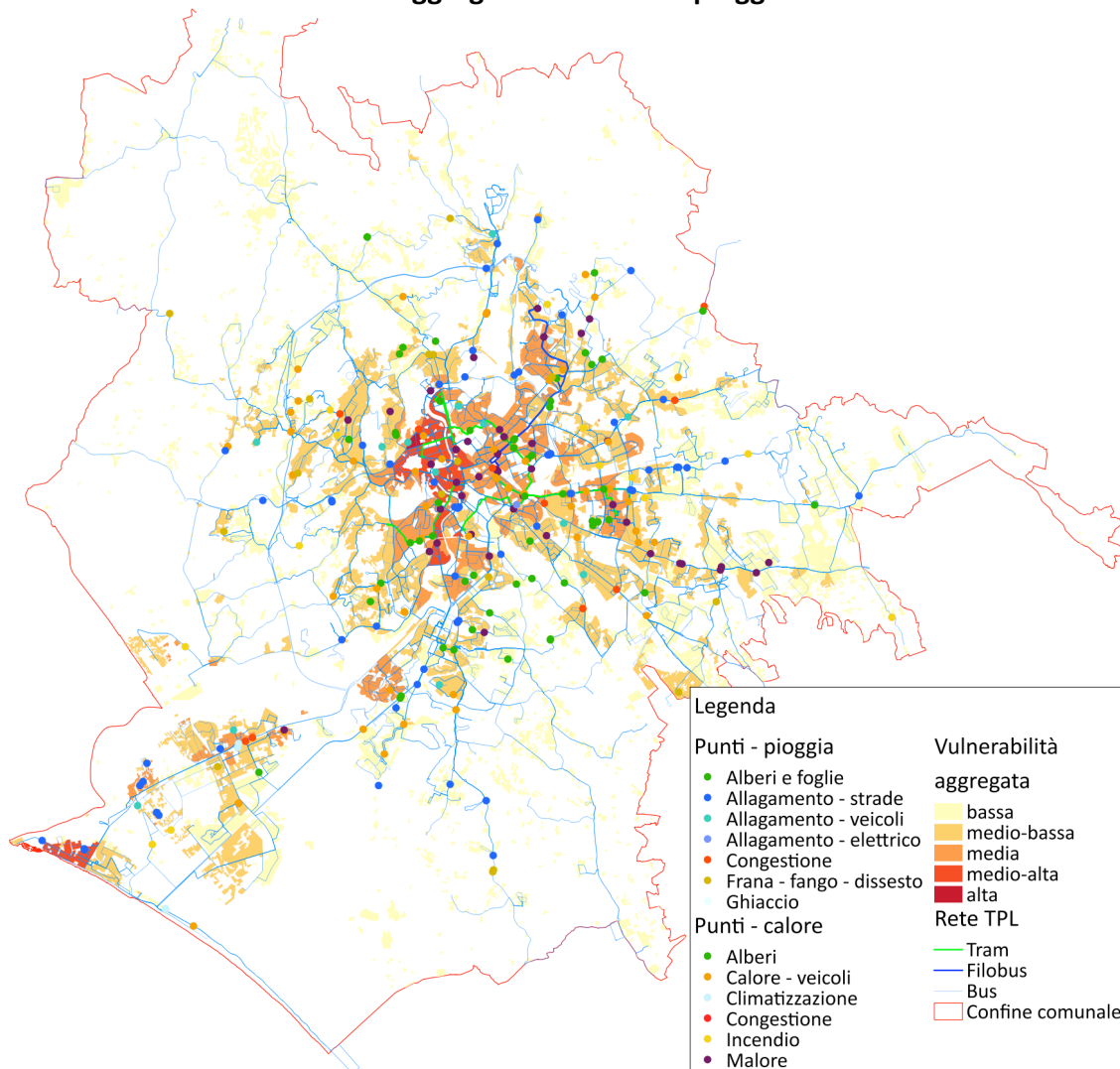
#### **4.7. Rete dei trasporti ed effetti complessivi**

Lo scopo di questo paragrafo è fornire un'immagine complessiva degli effetti degli eventi meteorologici estremi sulla rete del trasporto pubblico di superficie. Dopo aver studiato specificamente ciascuna giornata è utile osservare un quadro di insieme della situazione.

Poco sorprendentemente i punti in cui gli eventi meteorologici hanno influenzato il funzionamento della rete di superficie sono distribuiti su tutta la città, sia per quanto riguarda gli eventi di pioggia intensa, sia per quanto riguarda le giornate di calore estremo. Si nota che sono più numerosi gli eventi riconducibili alle piogge intense (157) rispetto a quelli dovuti alle temperature alte (133). Per forza di cose gran parte degli eventi hanno avuto luogo nella parte centrale della città. Infatti la distribuzione delle linee è maggiore in centro rispetto alla periferia, dove sono più diradate.

Si ritiene un'operazione interessante sovrapporre i dati complessivi, limitati agli eventi puntuali per evitare un eccessivo affollamento della mappa, con la CVCR mostrata alla fine del capitolo precedente.

## Vulnerabilità aggregata ed eventi di pioggia e di calore



Vulnerabilità aggregata ed eventi di pioggia. Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

È interessante vedere come le due mappe siano tra loro complementari. Infatti, da una parte nelle zone centrali, ad alta vulnerabilità si concentrano molti eventi di pioggia e calore che hanno influenzato i trasporti pubblici di superficie. In particolare risalta la frequenza dei malori nelle UdA ad alta vulnerabilità. D'altro canto ci sono punti considerati poco vulnerabili dove in realtà si sono localizzati diversi eventi puntuali legati al trasporto pubblico. Si tratta delle zone di estrema periferia che, sebbene siano poco dense e vicino ad aree verdi, scontano l'incuria delle strade e dei versanti, che generano gli eventi indicati nelle pagine precedenti: frane, dissesti stradali, allagamenti e incendi.

Questi primi risultati sono la conferma che è necessario integrare ulteriormente la CVCR con i dati sul legame fra trasporti pubblici e cambiamenti climatici raccolti in questa tesi.

#### 4.7. Ruolo dei mezzi di comunicazione

I profili sulle piattaforme di *social network* delle aziende di trasporto possono essere una possibile fonte di dati sul funzionamento del sistema durante gli eventi estremi (pioggia, calore). Al momento esistono profili Twitter che hanno la funzione di segnalare notizie e malfunzionamenti all'utenza (@infoatac, @romatpl @fs\_news). In particolare il profilo dell'Atac si distingue per un alto numero di interazioni con gli altri utenti: infatti, oltre a fornire notizie in tempo reale, il profilo risponde direttamente alle richieste di informazioni degli utenti, sia pubblicamente, sia attraverso la funzione di messaggistica privata di questo *social network*. A inizio maggio 2016 il profilo è seguito oltre da oltre 149000 utenti di Twitter, che in questo modo ricevono le informazioni fornite dall'Atac e possono interagire con gli operatori. Allo stesso modo le notizie dei giornali locali possono fornire una cronaca del funzionamento del sistema durante questi eventi.

Parallelamente a questo canale, l'Atac ha messo in funzione da circa un anno un numero di telefono su cui è attivo un profilo di Whatsapp, il popolare servizio di messaggistica istantanea. Anche in questo caso vengono fornite informazioni agli utenti del trasporto pubblico locale, con la differenza che si tratta di un rapporto a tu per tu, una conversazione che non è quindi pubblica come avviene su Twitter. Il vantaggio di questo canale è che può raggiungere potenzialmente molte più persone, visto che Whatsapp ha una penetrazione molto più alta nella popolazione rispetto a Twitter.

Da alcune settimane è in fase sperimentale l'utilizzo di un altro canale di messaggistica istantanea in graduale crescita anche in Italia: Telegram. Questo servizio permette l'attivazione dei cosiddetti canali, profili a cui è necessario iscriversi per ricevere informazioni su un determinato tema. Come è facile immaginare, il canale Telegram di Atac dà notizie sul funzionamento della rete di trasporto pubblico. In questo momento il servizio non funziona in maniera regolare, essendo ancora in fase sperimentale, ma per esempio durante la Maratona di Roma (10 aprile 2016) ha fornito informazioni sulla chiusura di alcune stazioni della metropolitana, sulle modificazioni di percorso di diverse linee di superficie e sul graduale ripristino delle stesse alla fine della manifestazione. Lo stesso è avvenuto durante alcuni giorni di sciopero.

In tema di comunicazione all'utente, diverse applicazioni per *smartphone* – ufficiali o di terze parti – danno informazioni sullo stato della rete e sull'arrivo delle vetture a una data fermata. Tra le principali applicazioni disponibili sono degne di nota, oltre a quella ufficiale di Atac (viaggia con Atac), Citymapper e Moovit. Grazie a strumenti di geolocalizzazione queste applicazioni indicano all'utente il tempo previsto di arrivo di una vettura alla fermata in cui questi si trova.

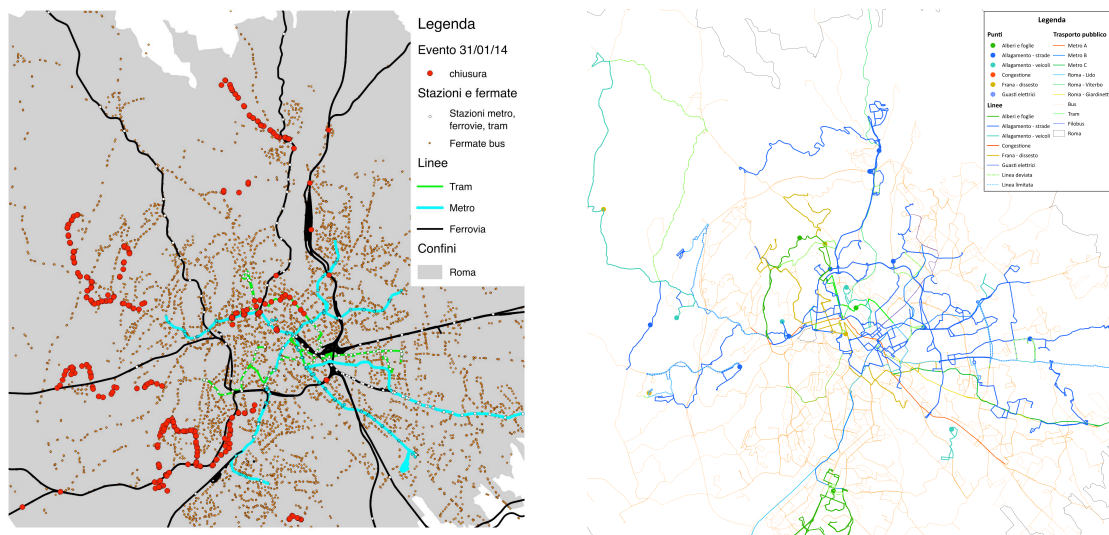
Non si tratta di dati accurati come quelli provenienti dai fonogrammi, ma le informazioni ricavate in questo modo possono fornire una *proxy* dell'esposizione del sistema dei trasporti pubblici rispetto ad alcuni eventi.

Dal punto di vista dei possibili impatti dei cambiamenti climatici sul sistema dei trasporti risulta interessante la presenza di dati, rappresentati dai comunicati di ATAC (metropolitana, ferrovie concesse, tram, filobus, bus), Roma TPL (bus periferici), FS

(ferrovie locali e di lunga percorrenza) attraverso i rispettivi siti internet e account dei *social network* (in particolare Twitter), sulle linee che hanno subito ritardi o sospensioni a causa di eventi di pioggia intensa, come nel caso del 31 gennaio 2014, del 15 giugno 2014 o, più recentemente, del 6 novembre 2014.

Per quanto riguarda il primo evento citato, successivamente all'evento di pioggia intensa sono stati trascritti i numerosi *tweet* provenienti dagli account ufficiali degli enti di trasporto pubblico romani. Il profilo @infoatac ha pubblicato nella sola giornata del 31 gennaio tra le 6 e mezzanotte oltre 150 *tweet* tra segnalazioni, aggiornamenti e risposte alle richieste degli utenti. A partire dalle 7,30 fino alle 23 @romamobilita conta più di 40 *tweet*, limitati alle linee periferiche della città. L'account delle ferrovie @fsnews\_it, attivo tra le 08,30 e le 22,30 presenta soltanto 20 segnalazioni, probabilmente perché la sua rete è molto meno diffusa di quella delle altre due aziende di trasporto.

È interessante mettere a confronto i dati provenienti dai fonogrammi con quelli forniti dalle segnalazioni del profilo Twitter @infoatac per l'evento del 31 gennaio 2014. Oltre al fatto, prevedibile, che le informazioni si sovrappongono o che i fonogrammi forniscono informazioni che il profilo twitter non segnala, non si può fare a meno di notare che in alcuni casi accade che infoatac segnali un disservizio che i fonogrammi non hanno registrato. Per esempio, è capitato nel corso della raccolta dati di trovare fonogrammi che genericamente segnalavano problemi dovuti alla pioggia sull'intera rete di superficie, rinviando l'indicazione precisa delle linee coinvolte ad altro documento.



Confronto tra mappatura con dati @infoatac e dati fonogrammi - evento del 31/01/2014 Fonte: Openstreetmap.org [dati aggiornati al 16.05.2015]

Nel discutere di comunicazione, inoltre, è interessante notare come l'amministrazione locale abbia affrontato la previsione di un evento estremo di pioggia intensa il 6 novembre 2014: le scuole di ogni ordine e grado di Roma non sono state aperte e gli studenti sono rimasti nelle proprie case. In questo modo si sono evitati potenziali



problemi per la gestione del traffico, che infatti durante la giornata è stato poco intenso. Effettivamente ha piovuto intensamente nella prima mattina, quando gli studenti si sarebbero recati a scuola. Nel resto della giornata, a parte due brevi episodi nel primo pomeriggio e in serata, la pioggia è stata poco intensa o assente. Questo caso è interessante perché dimostra una tendenza delle amministrazioni a prevenire gli impatti degli eventi estremi impedendo gli spostamenti piuttosto che adattando le proprie infrastrutture. Invece di mantenere i sistemi di drenaggio dell'acqua piovana, spesso intasati da foglie secche, detriti e rifiuti, alcune amministrazioni preferiscono correre ai ripari imponendo la chiusura di scuole e uffici pubblici oppure invitando i cittadini a non uscire di casa. Non è lontano dalla verità affermare che queste decisioni sono figlie delle reazioni che hanno suscitato le sentenze di primo e secondo grado del processo alla commissione Grandi Rischi: di fronte alla possibilità di un pericolo è meglio pre-allertare che tranquillizzare i cittadini per un evento non prevedibile, nel caso in cui effettivamente avvenga.

## **5. L'adattamento del TPL romano ai cambiamenti climatici: esempi di azione**

### **5.1. Introduzione**

Il contenuto di questo capitolo si basa sui risultati delle analisi descritte nel capitolo precedente. Dopo aver individuato le parti della rete di trasporto pubblico di superficie maggiormente colpite dagli eventi meteorologici è possibile indicare quali interventi attuare e in quali parti della città. Agli interventi di adattamento sono spesso legati dei box esplicativi di esempi da un contesto straniero a cui si fa riferimento.

Oltre a proporre esempi di intervento sulla rete del trasporto di superficie, si ritiene utile illustrare le azioni attuate su linee ferroviarie o di metropolitana all'estero. In due contesti europei si sta lavorando per proteggere le infrastrutture dagli allagamenti. Un altro approccio unisce la raccolta di energia alla regolazione termica.

Nella progettazione e costruzione di Crossrail, un collegamento ferroviario est-ovest che attraversa il centro di Londra, sono stati integrati criteri di adattamento. Si tratta di misure attive e passive che proteggeranno i tunnel dagli allagamenti: per esempio la protezione dei portali dei tunnel e degli accessi alle stazioni dall'ingresso dell'acqua. Inoltre, nuovi sistemi di ventilazione forzata eviteranno il surriscaldamento delle stazioni durante le ondate di calore grazie all'installazione di porte di banchina, che svolgono la funzione di separare i flussi d'aria dei tunnel rispetto a quelli delle stazioni vere e proprie (TfL, 2011a).

La metropolitana di Copenhagen, in funzione dal 2002, è stata progettata tenendo conto della possibilità di allagamenti dovuti alle piogge o alle mareggiate, sia rialzando gli ingressi delle stazioni al di sopra del livello massimo di allagamento previsto, sia installando porte e paratie che blocchino l'ingresso dell'acqua (DME, 2014).

A Parigi, nei cantieri del prolungamento della linea 14, si è scelto di sfruttare il calore del sottosuolo per catturare energia geotermica e utilizzarla per la termoregolazione di due future stazioni della metropolitana: Porte de Clichy e Mairie de Saint-Ouen (RATP, 2015).

### **5.2. Interventi di adattamento**

Portare a compimento l'adattamento spesso non richiede interventi di grande scala, ma piccole opere di manutenzione e di buon senso. Avendo seguito il ragionamento sottostante il testo della tesi questa affermazione risulta poco sorprendente, poiché si è visto che le esigenze di adattamento di una città come Roma non sono certo insormontabili, ma non per questo meno importanti.

Nonostante la distinzione fatta a monte tra pioggia e ondate di calore nella descrizione degli eventi nel capitolo precedente, non si seguirà questa strada nell'indicazione degli interventi di adattamento. Infatti, gli interventi di adattamento sono in alcuni casi trasversali rispetto al tipo di evento meteorologico estremo, rendendo quindi questa distinzione controproducente. Gli interventi saranno quindi distinti per tipologia, distinguendo ad esempio tra azioni riguardanti il materiale rotabile e interventi sull'infomobilità.

Dopo la descrizione degli interventi di adattamento, che in alcuni casi comprende un possibile box esemplificativo dell'intervento in un altro contesto, segue una descrizione di possibili localizzazioni dell'intervento, derivante dalle descrizioni delle giornate di eventi meteorologici fatte nel capitolo precedente.

La distinzione per tipologie di intervento, come tutte le distinzioni teoriche, non riesce a comprendere pienamente la realtà dei fatti. Esistono infatti aree in cui è necessario intervenire con più tipologie. Il terzo paragrafo descrive queste aree critiche in cui bisogna agire attraverso interventi complessi.

#### 5.2.1. Manutenzione della rete drenante

Come si è potuto vedere nel capitolo precedente, gli allagamenti sono una questione ineludibile per la città di Roma. Sebbene sia prevedibile che durante giornate di pioggia intensa si formino allagamenti, non è accettabile che questi raggiungano una tale scala o che blocchino il funzionamento della città e del sistema di trasporto pubblico.

Per questo è necessario che il sistema di drenaggio delle strade sia adeguatamente tenuto in condizione di funzionare adeguatamente. È vero che i casi studiati sono spesso eccezionali, ma succede anche che la presenza di detriti e sporcizia intasi i tombini o che gli stessi non siano adeguati a smaltire l'acqua in arrivo.

Tenere i tombini puliti dovrebbe essere un'attività scontata per una città europea di grandi dimensioni, ma evidentemente non è così per Roma. Per questo è necessario elaborare un piano di gestione e manutenzione del sistema di drenaggio, che si occupi della manutenzione regolare dei tombini e faccia controlli straordinari quando sono previsti eventi piovosi di particolare intensità. I progressi nelle previsioni del tempo permettono di conoscere con ragionevole accuratezza gli eventi dei successivi 3-5 giorni, dando quindi tempo agli addetti di effettuare questi interventi.

Le zone in cui questi interventi devono essere attuati sono quelle maggiormente colpite dagli allagamenti e indicate nel quarto capitolo, in particolare:

- Tiburtina (l'area della stazione);
- Valle Aurelia (l'area nei pressi dell'omonima stazione della metropolitana);
- Ostia Antica e Stagni di Ostia (via Umberto I e via Agostino Chigi);
- Tor Sapienza (via Collatina e via Longoni);
- Sottopassi stradali: per esempio viale Giustiniano Imperatore.

### 5.2.2. Spazi permeabili: rain garden e binari verdi

Un viaggio nelle città europee, ma anche in quelle italiane, mostra un arredo dei binari tranviari diverso da quello che se ne fa a Roma. Mentre nella capitale italiana i binari sono immersi nell'asfalto, anche quando sono in corsia protetta, in diverse città tra le due rotaie cresce un prato.

Diversi studi confermano l'alta capacità di assorbimento delle acque piovane da parte degli spazi verdi in ambito urbano (Bray et al., 2007; Grüngleisnetzwerk, 2012). Non solo il terreno assorbe l'acqua a differenza dell'asfalto, ma inoltre rallenta la velocità di scorrimento dell'acqua verso i tombini. In molte città sono stati costruiti *rain garden*, spazi verdi che hanno la funzione di assorbire l'acqua piovana e rallentarne l'arrivo nel sistema drenante. Oltre alla manutenzione della rete drenante indicata nel precedente paragrafo, potrebbe essere utile installare dei *rain garden* a monte di quelle aree che si allagano con maggiore frequenza. Per esempio le diverse aree spartitraffico lungo le strade di Roma potrebbero essere destinate a verde o attrezzate come *rain garden*, anche a costo di restringere le carreggiate, nei limiti del possibile.

Oltre a questo i diversi percorsi tranviari in sede protetta potrebbero essere trasformati in spazi verdi adeguatamente mantenuti: si tratta dei cosiddetti binari inerbiti. È prevedibile che le obiezioni non sarebbero poche: l'interruzione del servizio per eliminare l'asfalto causerebbe diversi problemi agli utenti, ma soprattutto le corsie protette non sarebbero più utilizzabili da taxi, NCC e altre vetture a cui ne è concesso l'uso. Va però detto che alcuni danni nel breve periodo sarebbero annullati da benefici nel lungo periodo, e che la perdita di un vantaggio per alcuni risulterebbe in un ambiente migliore per tutti.

L'installazione di binari inerbiti può essere fatta, escludendo per ragioni di praticità e sicurezza le fermate, su tutta la parte della rete tramviaria attualmente in corsia protetta:

- Casaleto-Gianicolense-  
Trastevere-Venezia;
- via Marmorata;
- Piramide-Aventino-Labicana;
- San Giovanni-Carlo Felice-Porta  
Maggiore;
- Porta Maggiore-Principe  
Eugenio-Napoleone III;
- Porta Maggiore-Prenestina-  
Togliatti;
- Delpino-Parlatore;
- Porta Maggiore-Scalo San  
Lorenzo;
- Verano-Regina Elena-Regina  
Margherita-Liegi-Ungheria;
- viale Rossini;
- Ministero Marina-Flaminia-  
Tiziano-Pinturicchio-Mancini;
- Cinque Giornate-Milizie-Barletta.

Gli spazi in cui installare *rain garden* sono strade con carreggiate o marciapiedi abbastanza larghi da poter ricavare uno spazio per inserire gli spazi verdi. Questo può essere fatto nelle seguenti strade, in cui è in ogni caso necessario intervenire per ridurre gli allagamenti:

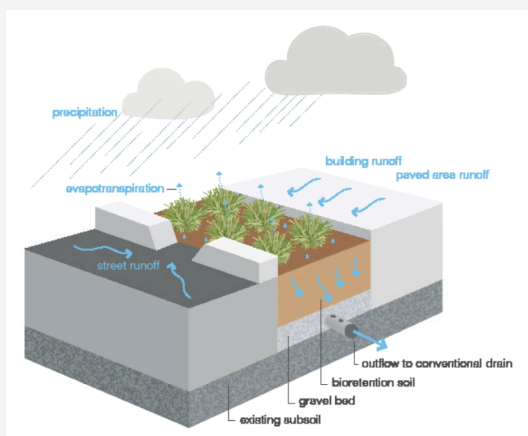
- rampe della Stazione Tiburtina;
- via Cristoforo Colombo (nei pressi di via del Tintoretto e all'altezza di via Pontina);
- via Collatina e via Longoni.

**Box 1: Rain garden e binari inerbiti**

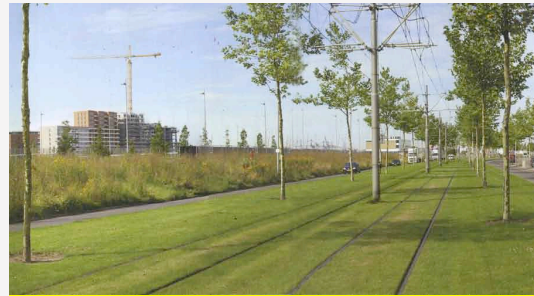
Il *rain garden* è uno spazio verde pensato per assorbire l'acqua piovana, in modo da ridurre quantità e la velocità dell'acqua che raggiunge il sistema drenante. In questo modo è possibile ridurre la possibilità di allagamento di una strada o rallentarne la velocità di allagamento.

I benefici della costruzione di un *rain garden* sono i seguenti: minore rischio di allagamento; minore inquinamento idrico, atmosferico e acustico; possibile uso come area di svago.

Nella progettazione di *rain garden* sarà necessario tenere conto dello spazio disponibile, della pendenza, del tipo di suolo in cui si opera e della presenza di una rete drenante. È infatti necessario che l'acqua in eccesso che non viene assorbita dal giardino raggiunga il sistema fognario. Nell'effettiva costruzione del giardino bisogna scegliere la terra adatta allo sviluppo delle piante e selezionare con attenzione le specie vegetali da piantare. Sono consigliate piante che sopportino bene la presenza occasionale di grandi quantità d'acqua e che non necessitino di frequente manutenzione. Si suggerisce l'inserimento di un ampio numero di specie diverse.



Fonte: Bray *et al.*, 2012



I binari tramviari inerbiti hanno doppia funzione di miglioramento ecologico ed estetico.

In particolare gli effetti ecologici dell'installazione di coperture erbose tra i binari tramviari sono diversi:

- Miglioramento della ritenzione idrica, quindi dell'assorbimento dell'acqua piovana, riducendo così la quantità d'acqua che raggiunge il sistema drenante, e del suo ruscellamento, rallentando la velocità con cui l'acqua arriva ai tombini;
- Miglioramento del microclima urbano grazie all'evaporazione e traspirazione che avviene nel binario inerbito;
- Riduzione della temperatura sui binari, grazie alla presenza della vegetazione, che assorbe meno calore rispetto al cemento e all'asfalto;
- Riduzione dell'inquinamento grazie alla presenza di vegetazione che assorbe e trattiene gli inquinanti, in maniera specifica il particolato;
- Riduzione dell'inquinamento acustico nei binari completamente immersi nel verde perché la presenza di vegetazione può attutire il suono;
- Miglioramento estetico dell'aspetto dei binari nel contesto urbano.

Fonte: Grüngleisnetzwerk, 2012. Immagine: veenenbos and bosch landscape architects

### 5.2.3. Coperture verdi

Gli spazi verdi hanno diverse funzioni utili in termini di contrasto e adattamento ai cambiamenti climatici (Milano Serravalle, 2012): innanzitutto svolgono la funzione di filtro biologico, poiché assorbono gli elementi inquinanti; in seconda battuta hanno un ruolo nel consolidare il suolo e gli spazi in pendenza; due funzioni fondamentali in città sono quella di barriera frangivento e di ostacolo ai rumori; per concludere, le infrastrutture verdi hanno il ruolo di riserve di biodiversità e migliorano la percezione degli spazi dal punto di vista estetico, operando come barriera rispetto alle infrastrutture di trasporto.

Come già accennato, diversi tipi di intervento possono essere immaginati per i trasporti di Roma. Tra questi risulta particolarmente interessante la possibilità di installare muri verdi negli spazi di pertinenza del trasporto pubblico, per esempio le pensiline o gli edifici esterni delle stazioni della metropolitana e delle ferrovie. Ovviamente è fondamentale la scelta di piante adatte al clima mediterraneo, che richiedano manutenzione ridotta e infine abbiano un aspetto gradevole.

Le aree in cui intervenire sono principalmente le pensiline delle fermate delle diverse linee del trasporto pubblico di superficie. In particolare si può agire in maniera più ampia in corrispondenza dei capilinea e dei nodi di scambio:

- stazione Saxa Rubra;
- largo Labia;
- stazione Monte Mario;
- piazzale Mancini;
- stazione Conca d'Oro;
- largo Pugliese;
- stazione Tiburtina;
- stazione Ponte Mammolo;
- piazza dei Cinquecento/stazione Termini;
- piazzale Clodio;
- piazza dei Giureconsulti/stazione Cornelia;
- piazza Venezia;
- piazzale dei Partigiani;
- stazione Arco di Travertino;
- piazzale dell'Agricoltura;
- piazzale Nervi;
- stazione Laurentina;
- piazza di Cinecittà/stazione Subaugusta;
- stazione Anagnina;
- stazione Grotte Celoni;

## Box 2: Green Wall a Londra: stazione di Edgware Road



La decisione di Transport for London (TfL) di installare muri verdi sulle proprie infrastrutture nasce da un finanziamento del Department for Transport (DfT) per la promozione di interventi per il miglioramento della qualità dell'aria in zone inquinate.

Un muro verde è definito come la facciata di un edificio o un altro tipo di muro esterno o interno ricoperto intenzionalmente di vegetazione per scopi estetici o funzionali. Il muro può essere di tipo modulare o essere strutturato su un graticcio e può

essere installato sulla facciata di un edificio esistente o essere una struttura indipendente.

Al di là delle questioni di scelta del sito, della necessità di reperire permessi di costruire e di proprietà delle aree su cui intervenire, elementi importanti ma sui quali questo lavoro non intende concentrarsi, è interessante comprendere quali piante sia meglio installare. Innanzitutto è necessario garantire una copertura continuativa della superficie, tenendo conto del tipo di muro e del microclima. Una funzione importante del muro verde è l'assorbimento del particolato; le seguenti caratteristiche sono importanti per un migliore assorbimento delle particelle di inquinanti: foglie ruvide e rugose, piante che attirano gli afidi, vegetazione sempreverde, piante con foglie piccole e maggiore densità di foglie e rami. Per quanto riguarda le questioni strutturali di installazione delle piante esistono tre sistemi: installazione piante rampicanti, che però crescono lentamente e limitano la scelta di specie vegetali; installazione su graticcio, che in questo caso limita la scelta a piante che si possano appoggiare sulla struttura; installazione di sistemi modulari che contengono le piante, un substrato per le radici e un sistema di irrigazione, sistema più complesso ma che garantisce una maggiore scelta di specie vegetali. Oltre alle questioni legate all'irrigazione e al drenaggio, è importante che sia garantita una regolare manutenzione degli spazi verdi.

I benefici sono stimabili da diversi punti di vista: prima di tutto il miglioramento della qualità dell'aria; in seconda battuta ci sono diversi benefici di tipo ambientale quali la creazione di biodiversità, la regolazione del clima e dei microclimi, l'assorbimento dell'acqua; bisogna tenere conto anche dei benefici culturali, tra cui in particolare la percezione estetica dei muri verdi.

Immagine: Muro verde della stazione di Edgware Road, luglio 2014. Foto di Lorenzo Barbieri

Fonte: TfL, 2012.

### 5.2.4. Manutenzione dei viali alberati

Gli spazi del trasporto pubblico di superficie a Roma spesso e volentieri non includono spazi verdi. Particolari eccezioni sono viali alberati come la circonvallazione Gianicolense, viale Trastevere, viale Gregorio VII e via Cristoforo Colombo.

Le alberature stradali, utili per le funzioni citate nel paragrafo precedente, tra cui è importante citare l'ombreggiamento, richiedono una regolare manutenzione. Devono essere regolarmente potate per mantenere il giusto portamento ed evitare che eventualmente i rami interferiscano con le case e le infrastrutture a rete circostanti. Se si tratta di piante decidue, è necessario rimuovere le foglie tra la stagione autunnale e quella invernale. Bisogna evitare che le radici danneggino i marciapiedi e le strade.

In molte strade di Roma sono stati piantati alberi di pino, che hanno causato diversi problemi alla città nel corso degli anni. Infatti mal sopportano il vento, tendono a opporvi resistenza e si spezzano mettendo a rischio l'incolumità di chi si trova nelle vicinanze. Inoltre le loro radici superficiali danneggiano strade e marciapiedi, rendendo scomodi gli spostamenti.

Per questi motivi lungo viali alberati bisogna gestire responsabilmente la manutenzione di una risorsa molto importante per la città. Pianificare la regolare potatura nei periodi più indicati, organizzare la pulizia delle foglie e degli eventuali semi quando questi ingombrano strade e marciapiedi, organizzare la sostituzione delle piante malate o che raggiunto un limite di età, sono alcune delle azioni da perseguire.

Si elencano in ordine sparso alcuni dei viali su cui è necessario intervenire:

- circonvallazione Gianicolense;
- via delle Medaglie d'oro;
- via Cristoforo Colombo;
- viale Trastevere;
- via Prenestina
- viale Marconi;
- via Ostiense;
- viale dei Colli Portuensi;
- via Nomentana.

#### 5.2.5. Consolidamento dei versanti franosi

La piantumazione di alberi, arbusti e piante sui versanti aiuta a prevenire gli smottamenti del terreno che si sono spesso verificati a Roma durante le giornate di pioggia intensa. Quando questi non bastino sarà anche necessario pensare a interventi fisici più radicali come l'inserimento di sostegni in cemento armato.

Si tratta di spazi su cui va fatta regolare manutenzione: come già detto sopra, l'affidabilità delle previsioni del tempo permette di programmare per tempo questi interventi prima degli eventi critici.

Le vie in cui è necessario intervenire sono spesso in aree periferiche e sono localizzate ai piedi di versanti. Tra queste si segnalano per essere state interessate da frane:

- il tratto extraurbano di via Laurentina;
- via di Cornelia;
- via della Giustiniana;
- via del Foro Italico.

#### 5.2.6. Manutenzione del fondo stradale

Indipendentemente dagli eventi meteorologici estremi il fondo di molte strade romane ha un grande bisogno di manutenzione e sostituzione. Sui mezzi di informazione le notizie sullo stato delle strade, tra buche e avvallamenti, sono troppo spesso in prima pagina. È necessario immaginare una regolare manutenzione che vada al di là della semplice stesura di un nuovo strato sull'esistente. In diversi casi serve agire in maniera



più strutturale sul fondo stradale, che presenta avvallamenti pericolosi per il tragitto dei veicoli.

La stesura di asfalto drenante sui percorsi autostradali è un'ottima pratica per evitare l'allagamento dei tratti stradali e il conseguente *aquaplaning*, che mette a rischio l'aderenza dei veicoli e la salute dei pedoni.

Le aree in cui è necessario intervenire e favorire una regolare manutenzione sono numerosi. Quelli su cui in particolare è prioritario agire sono:

- le vie consolari;
- le corsie preferenziali e le carreggiate riservate agli autobus;
- le aree dei capilinea, già elencate nel paragrafo 5.2.3.

#### 5.2.7. Manutenzione dei margini delle strade periferiche

L'incuria delle strade periferiche genera problemi durante l'estate a causa della formazione spontanea o indotta di incendi. La manutenzione è fondamentale in questo caso e deve essere fatta su due versanti: da una parte il taglio della vegetazione ai lati della strada effettuato dagli enti pubblici preposti o consigliato ai proprietari delle aree, dall'altra la manutenzione delle aree di campagna non coltivata, dei boschi privati e delle aree protette. L'incendio può quindi essere scongiurato con una combinazione tra buona manutenzione e controllo delle aree.

Molte tra le strade in cui intervenire sono localizzate in aperta campagna, tra cui quelle in cui si sono verificati incendi in passato:

- via di Muratella;
- via Togliatti;
- via Cristoforo Colombo;
- via della Vignaccia;
- via di Pietralata;
- via Targetti
- via dei Pescatori
- via Andersen
- via Bembo
- via di Collatina
- via Saragat

#### 5.2.8. Rinnovo del materiale rotabile e tetti bianchi

Come si è potuto vedere nel capitolo precedente, i problemi per il trasporto di superficie rispetto al calore estremo colpiscono soprattutto le vetture. Il calore, infatti, contribuisce a danneggiare gli impianti e riduce il comfort di viaggio, soprattutto nelle vetture non climatizzate. In generale è necessario riflettere sull'opportunità di installare sistemi di climatizzazione negli autobus: infatti non si tratta di una soluzione sostenibile ai fini della mitigazione dei cambiamenti climatici, perché consumano elettricità e combustibili fossili, oltre ad emettere aria calda all'esterno. A Roma le temperature estive non permettono di eliminare completamente la climatizzazione, come si può fare in città con climi più miti, quindi è necessario pensare a un sistema alternativo. Una possibilità è permettere l'apertura dei finestrini negli autobus non

forniti di sistemi di climatizzazione, o nel caso in cui l'aria condizionata non sia in funzione. In ogni caso è auspicabile ridurre al minimo il numero di aperture delle porte in corrispondenza delle fermate, che provoca la dispersione del calore. Per esempio permettere l'ingresso e l'uscita da due porte separate come succede in altre città potrebbe ridurre gli sprechi di energia e allo stesso tempo porre un ostacolo a chi cerca di viaggiare senza biglietto.

Un passo in questa direzione è l'installazione di tetti bianchi, che riducono l'assorbimento dei raggi solari da parte della vettura. Sebbene chi scrive sia contrario all'uso dell'aneddotica, a molti può essere familiare la sensazione di calore estremo quando si entra in una macchina che è stata parcheggiata sotto sole a lungo. L'installazione di tetti bianchi sugli autobus e un generale rinnovo del materiale rotabile (autobus, filobus e tram) con nuovi sistemi di ventilazione e climatizzazione, possono essere una soluzione efficace contro l'eccessivo calore sui mezzi pubblici a Roma.

**Box 3:** Tetti bianchi sugli autobus



Per ridurre l'aumento delle temperature all'interno degli autobus, a partire dal 2007 TfL ha stabilito una specificazione tecnica affinché abbiano tetti bianchi, finestre oscurate, un sistema di ventilazione del piano superiore o in alternativa la possibilità di aprire i finestrini, e l'aria condizionata nella cabina di guida. Alla data attuale la maggioranza delle vetture soddisfa questi requisiti.

Immagine: Autobus con tetto bianco a Londra. Fonte: TfL, 2011b; 2015.

#### 5.2.9. Percorsi alternativi per la rete di superficie

È necessario immaginare un piano di percorsi alternativi per la rete di superficie in caso di eventi di pioggia intensa o di altro genere che rendano necessaria la deviazione delle linee. Generalmente le linee di autobus sono deviate secondo le esigenze del momento, mentre sarebbe utile che esistesse un piano che contenga i possibili percorsi alternativi in caso di chiusura di alcune strade.

Nello studio degli eventi ricorrenti si è potuto vedere che per una chiusura nello stesso luogo in due momenti diversi le deviazioni delle linee erano simili se non uguali. È quindi chiaro che per la chiusura di un certo tratto è facile prevedere su quali strade sarà deviata una certa linea. Serve quindi sapere quali strade sono a rischio di allagamento e quali sono i percorsi sicuri su cui deviare le linee di autobus.

#### 5.2.10. Nomenclatura per la segnalazione di eventi meteorologici

Lo studio dei fonogrammi dimostra che serve costituire una nomenclatura da seguire per indicare i disservizi dovuti agli eventi meteorologici estremi. È necessario esplicitare nei limiti del possibile le cause degli eventuali disservizi, indicando in particolari motivazioni riconducibili a eventi meteorologici estremi in modo da rendere più semplice a chi volesse intraprendere un simile lavoro la raccolta dei dati.

Una possibile nomenclatura da seguire è quella indicata in questa tesi nei due paragrafi introduttivi allo studio degli eventi di pioggia intensa (par 4.2.x) e di temperature elevate (par. 4.3.x) e utilizzato anche nella legenda contenuta nelle mappe a corredo della descrizione delle diverse giornate.

Per le giornate di pioggia si tratta di:

- caduta di alberi e foglie;
- allagamento stradale;
- guasti ai veicoli per allagamento;
- guasti elettrici per allagamento;
- congestione e chiusura stradale;
- presenza di frane, fango e dissesti;
- presenza di ghiaccio sulla strada.

Per quanto concerne i giorni caldi l'elenco comprende:

- caduta di alberi e foglie;
- guasti ai veicoli per caldo;
- guasti al sistema di climatizzazione;
- congestione e chiusura stradale;
- incendi;
- malori dei passeggeri o degli autisti.

#### 5.2.11. Sistemi di allerta agli utenti

L'efficacia del sistema di infomobilità gestito dall'Atac, cui si è già accennato nel precedente paragrafo 4.7, è uno spunto per organizzare sistemi di allerta destinati agli

utenti in caso di eventi meteorologici estremi. Oltre a comunicare le informazioni sul sito internet e il profilo Twitter si possono pensare altri sistemi di allerta.

È necessario ragionare su un sistema di comunicazione che usi canali e mezzi di diverso tipo. Un primo modo è attraverso l'affissione di messaggi informativi nelle stazioni, sulle pensiline, nei treni e nelle vetture. Anche l'uso dei pannelli a messaggio variabile, degli schermi e degli altoparlanti a bordo di treni e vetture è una maniera efficace di dare informazioni agli utenti. La radio che trasmette nelle stazioni della metropolitana è un altro utile canale di comunicazione: già adesso alternati alla musica ci sono notiziari informativi sul trasporto pubblico, con edizioni speciali sul Giubileo attualmente in corso. Con l'alta diffusione degli *smartphone* un'altra possibilità è l'uso di applicazioni di messaggistica istantanea o di informazioni sul trasporto pubblico. Un esempio in questo senso è l'uso della funzione broadcast di Telegram già adesso in sperimentazione per le notizie sul trasporto pubblico, come si è già detto nel paragrafo 4.7. Si può anche pensare a un servizio di allerta via sms pensato per quelli che possiedono telefoni di generazioni precedenti.

Con un grande numero di canali, l'obiettivo è di raggiungere più viaggiatori possibili, cercando quindi di ridurre al minimo le persone non raggiunte da queste informazioni.

#### Box 4: Informazioni agli utenti

**Beat the heat**

We know the Tube can be uncomfortable in hot weather. Here are a few tips, which will help to take the edge off the heat and minimise delays:

- Always carry a bottle of water with you
- Please don't board a train if you feel unwell
- If you begin to feel unwell please get off at the next stop and seek help from our staff
- Please avoid pulling the passenger alarm between stations

We are committed to finding a solution to keeping the Tube cool during hot weather and are continually investigating new technologies to achieve this aim.

MAYOR OF LONDON Transport for London

Tfl ha promosso delle campagne di comunicazione agli utenti in caso di giornate particolarmente calde. In molte stazioni è stata migliorata la ventilazione e diversi treni sono dotati di impianti di condizionamento, ma durante le giornate più calde la compagnia di trasporto pubblico londinese raccomanda di viaggiare con una bottiglia d'acqua, di evitare di viaggiare se non ci si sente bene e di chiedere aiuto al personale di stazione in caso di malore. La campagna usa lo slogan "Beat the heat", traducibile in "sconfiggi il caldo" e raffigura una bottiglia d'acqua come nell'immagine accanto.

Fonte: Mayor of London, 2005

#### 5.2.12. Interventi infrastrutturali

Oltre ai piccoli interventi indicati sopra, può rivelarsi necessario immaginare interventi infrastrutturali di grande scala, per esempio per l'innalzamento di ponti sui fossi che attraversano l'agro romano o la protezione di altre infrastrutture come le strade situate in aree allagabili.

Si tratta di una proposta generale, applicabile in alcune aree della città, ma che non fa parte dell'approccio indicato all'inizio di questo paragrafo di agire per piccoli interventi sulla rete di trasporto pubblico. È giusto in ogni caso accennare anche a questo genere di interventi senza specificarli ulteriormente.

### **5.3. Interventi in aree critiche: esempi**

Nonostante la distinzione in tipologie di intervento, esistono casi in cui per un particolare luogo della città è necessario agire in diversi modi allo stesso tempo. È per questo che di seguito si indicano gli interventi localizzati in alcune aree critiche in cui alcuni eventi si sono manifestati in maniera ricorrente e che hanno bisogno di essere risolti attraverso più tipologie di intervento.

#### 5.3.1. Stazione Tiburtina

Si è visto nella descrizione degli eventi di pioggia intensa di dicembre 2008, dicembre 2010 e gennaio-febbraio 2014 che l'area della stazione Tiburtina è particolarmente vulnerabile per la cumolazione di due fattori: l'allagamento delle rampe e dei sottopassi che collegano il capolinea degli autobus a via Tiburtina e il gran numero di linee che passano attraverso il piazzale di fronte alla stazione.

Per questi motivi è necessario intervenire sul drenaggio della via consolare e delle strade di collegamento alla stazione. Questo si può attuare con interventi di rinverdimento a monte delle rampe che svolgano la funzione di assorbimento delle acque piovane e con interventi a valle di raccolta e laminazione delle acque.

Come *extrema ratio* si può immaginare una riprogettazione del sistema di drenaggio dell'area, con interventi di ampliamento delle fognature e installazione di impianti idrovori.

#### 5.3.2. Stazione Valle Aurelia

La stazione di Valle Aurelia si trova, come suggerisce il nome stesso, sul fondo di un avvallamento tra i quartieri Trionfale e Aurelio. Non sorprende quindi che l'acqua si raccolga proprio in corrispondenza del nodo di scambio tra metropolitana, ferrovia e autobus.

È necessario garantire l'agibilità delle strade che circondano la stazione, in particolare via di Valle Aurelia, dove attualmente transitano o fanno capolinea tre linee di autobus. Per questo si può immaginare una regolare manutenzione del sistema di drenaggio insieme all'installazione di coperture verdi sulle pensiline e nei pressi della stazione,

oltre alla costruzione di *rain garden* lungo i marciapiedi e le strade, sfruttando il naturale avvallamento della zona.

### 5.3.3. Tor Sapienza

La zona è relativamente periferica e permette di immaginare interventi significativi. È sicuramente importante ripensare il deflusso delle acque e l'ampiezza di via Longoni suggerisce l'installazione di *rain garden* nell'area spartitraffico. Sulle pensiline presenti alle fermate possono essere installate coperture verdi. Anche in questo caso interventi sulle fognature possono essere immaginate nel caso in cui interventi meno impattanti non abbiano successo.

### 5.3.4. Ostia Antica

L'area circostante la stazione di Ostia Antica è stata interessata più volte da allagamenti. Sia la parte a nord della ferrovia (il borgo di Ostia Antica), sia quella a sud (l'insediamento è noto come Stagni di Ostia) sono state ugualmente colpite.

Data la scarsa variabilità altimetrica si possono immaginare spazi di raccolta temporanea dell'acqua piovana per rallentarne l'arrivo nel sistema drenante e allontanarla dalle strade. Nel borgo di Ostia Antica si possono immaginare *rain garden* e spazi temporanei di allagamento nel giardino noto come Parco dei Ravennati, situato lungo via dei Romagnoli, adiacente il castello di Giulio II e piazza Gregoriopoli. Nella zona di Stagni di Ostia può svolgere una simile funzione il parco che si affaccia su via Micali. Si può inoltre immaginare il miglioramento del sistema di canali di bonifica che attraversa l'intera zona come spazio in cui convogliare l'acqua in eccesso.

### 5.3.5. Laurentina-Monte Migliore

In questa zona si sono verificati in più occasioni smottamenti del terreno e allagamenti. La via Laurentina in questa zona assume le dimensioni di una strada di campagna, a carreggiata unica con due sensi di marcia. Come scritto nella sezione riguardante gli interventi di contrasto a frane e smottamenti serve un rinforzo dei versanti. Inoltre è necessario un miglioramento del fondo stradale, sconnesso in più punti, che costringe a una riduzione del limite di velocità lungo il percorso.

### 5.3.6. Laurentina-Tintoretto

Il sistema di sottopassaggi e viadotti inaugurato nei primi anni Duemila ha contribuito a fluidificare il traffico di una zona in passato fortemente congestionata. Il rovescio della medaglia è un'area facilmente allagabile a causa degli avvallamenti in corrispondenza degli incroci.

Come indicato per la stazione Tiburtina, gli interventi possibili sono molteplici, tra cui la creazione di spazi verdi e di raccolta delle acque a monte dell'incrocio e il miglioramento del sistema fognario. Sul lato di via del Tintoretto ai tempi del rifacimento dell'incrocio è stato costruito un parco pubblico che potrebbe essere un

possibile spazio di raccolta dell'acqua piovana. È inoltre possibile un allargamento dello spartitraffico al centro di via Laurentina per l'installazione di spazi verdi e *rain garden*.

#### 5.3.7. Colombo-Pontina

Via Pontina si diparte da via Cristoforo Colombo subito dopo che quest'ultima ha attraversato il quartiere Eur. È un tratto di strada fortemente trafficato nelle ore di punta perché collega la città con la periferia sud, in particolare i quartieri che gravitano sulle due strade. Diverse linee di autobus urbane percorrono le due strade, oltre a un certo numero di linee extraurbane del Cotral.

Il tratto tra piazza XXV marzo 1957 e l'incrocio con viale Levi e via Stefanini è quasi totalmente urbanizzato, e questo non permette particolari interventi sull'area, a parte l'ampiamiento dello spartitraffico per l'installazione di spazi verdi, che sarebbe attuabile, anche sulle strade limitrofe, durante i futuri lavori per il corridoio della mobilità Eur-Tor de Cenci. Il tratto a sud dell'incrocio Levi-Stefanini attraversa invece un tratto di agro romano e questo permette di immaginare gli spazi verdi che le due strade attraversano in viadotto come spazi in cui convogliare l'acqua in eccesso.

### 5.3.8. Adattamento già attuato: stazione Anagnina, Linea A

Oltre a parlare di interventi futuri basati su esempi stranieri, sembra utile segnalare anche quello che viene fatto a Roma per l'adattamento.

Il 15 giugno del 2014 un evento di pioggia intensa ha allagato un tratto di via Tuscolana in corrispondenza delle uscite della stazione Anagnina. L'acqua ha superato l'altezza del marciapiede ed è sgorgata attraverso le scale nel sottopasso che conduce alla stazione, fortunatamente senza conseguenze sulle persone. Di conseguenza la linea A è stata interrotta per quasi un giorno tra Anagnina e Cinecittà: si tratta di un tratto di una sola fermata, ma comunque importante per l'interconnessione con diverse linee di superficie urbane ed extraurbane.



Ingresso rialzato della stazione Anagnina, giugno 2015. Foto di Lorenzo Barbieri

In seguito a questo evento è stato attuato il primo intervento di adattamento ai cambiamenti climatici nel settore dei trasporti. L'ingresso alle scale della stazione è stato rialzato di qualche centimetro per evitare che l'acqua possa entrare. Inoltre sono stati installati dei binari all'ingresso del sottopassaggio per permettere di montare delle paratie quando sia necessario. Simili paratie sono state installate anche all'ingresso della stazione Circo Massimo, sulla linea B. Potrebbe non trattarsi di un intervento risolutivo, né si tratta di un intervento rivoluzionario, ma è in ogni caso un primo, importante passo verso l'adattamento ai cambiamenti climatici del trasporto pubblico a Roma.



## 6. Conclusioni

### 6.1. Trasporti e cambiamenti climatici: prime riflessioni su un percorso di ricerca

Nel primo paragrafo dell'introduzione si parlava dello scopo di questa ricerca: comprendere se abbia senso occuparsi di adattamento nel settore dei trasporti. In questo paragrafo, il primo delle conclusioni, si riflette sui risultati di questo percorso di ricerca.

Per comprenderlo bisogna osservare cosa si è scoperto all'interno del lavoro di ricerca rappresentato da questa tesi. Innanzitutto si è visto che lo studio dell'adattamento ai cambiamenti climatici, sebbene in via ridotta, è una realtà: esistono studiosi nel mondo che si occupano di questo argomento da diversi punti di vista. Lo è di meno nel contesto italiano, ma questo è un vantaggio perché permette a chi scrive di affrontare un tema nuovo e poco esplorato. È stato presentato uno studio sulla vulnerabilità climatica di Roma, scoprendo quindi che esiste un interesse per questi argomenti nell'area oggetto di studio. Si è compreso come funziona il sistema dei trasporti pubblici a Roma: è fortemente squilibrato sul trasporto di superficie, che per molti utenti è l'unico collegamento di TPL con il resto della città. Con lo studio degli eventi meteorologici è stato possibile scoprire quello che si sospettava, ma che adesso è corroborato da dati effettivi: cioè che la città soffre in maniera particolare durante gli eventi di pioggia e che il materiale rotabile soffre le giornate di calore estremo. La differenza rispetto a prima è che adesso si sa con certezza dove questo succede, quindi è possibile immaginare dove intervenire. Grazie anche al contributo di esempi provenienti da altri contesti si è immaginato quali azioni, spesso di piccola scala ma efficaci, si possono intraprendere per migliorare il funzionamento dei trasporti pubblici quando il tempo meteorologico è sfavorevole.

Sono state raccolte molte informazioni e i risultati sono interessanti: lo scopo è parzialmente raggiunto. Infatti, si è dimostrato che l'adattamento rappresenta un'azione importante per il settore dei trasporti: diverse città in varie aree del mondo se ne sono occupate negli ultimi anni ed è un argomento affrontato da parte della letteratura scientifica. È stato possibile vedere che i problemi che gli eventi meteorologici estremi generano sulla rete di trasporto pubblico a Roma sono reali e devono essere affrontati. Va però detto che resta ancora molto da fare dal punto di vista della consapevolezza dei decisori e dei cittadini.

### 6.2. Migliorare la raccolta dei dati e la gestione della rete

Tra i risultati conseguiti da questa ricerca non va sottovalutato — a parere di chi scrive — un importante meta-risultato: avere illustrato l'utilità di un approccio quantitativo in un campo disciplinare, quello dell'urbanistica, spesso lontano dalle tematiche della

misurazione. Nella specifica materia affrontata all'interno della ricerca si tratta in ultima istanza di prevedere e illustrare — sia pure a scopo esemplificativo e senza pretese di esaustività — interventi di adattamento delle infrastrutture di trasporto ai cambiamenti climatici nella città di Roma. Per questo è essenziale anche descrivere anche il processo decisionale che dovrebbe condurre dall'individuazione del problema all'intervento operativo. Dalle analisi presentate appare evidente che la conoscenza delle vulnerabilità del territorio richiede necessariamente una rilevazione sul campo, di natura quantitativa, che possa essere dunque aggregata, generalizzata, "scalata" a seconda delle necessità di intervento e delle responsabilità operative e decisionali. In uno slogan: una realtà che non possa essere misurata e quantificata è una realtà che non può essere oggetto d'intervento. Questo è il succo essenziale dell'approccio che abbiamo chiamato *evidence-based policy making*.

Inoltre, la ricerca fatta presso l'Atac offre la possibilità di riflettere sulle modalità di raccolta di dati che possano essere utilizzati in maniera efficace per avere informazioni sugli effetti dei cambiamenti climatici. L'intervento di adattamento descritto nel paragrafo 5.2.10 va in questa direzione, proponendo di integrare i fonogrammi con l'inserimento di informazioni riguardanti influenza degli eventi meteorologici sul funzionamento della rete di trasporto pubblico di superficie.

Oltre all'analisi puntuale svolta nei mesi scorsi e documentata in questa tesi, i fonogrammi si prestano a essere trattati e analizzati con tecniche di analisi testuale. Si tratta infatti di documenti di testo, in parte strutturati e in parte a testo libero. Al di là della considerazione, appena sviluppata sopra, che i fonogrammi potrebbero giovare di una maggiore strutturazione e armonizzazione, che ne consentirebbe una più agevole catalogazione e un migliore utilizzo, l'analisi testuale è una tecnica ben consolidata per esplorare sistematicamente, rapidamente e in modo automatico la struttura di raccolte di testi anche molto ampie.

Un altro tema interessante per quanto riguarda la raccolta e l'utilizzo di dati è l'uso dei *social network* e delle applicazioni mobili che danno informazioni sul trasporto pubblico. Infatti potrebbe essere interessante localizzare le segnalazioni che provengono da questi canali, come in parte ha fatto chi scrive con il profilo Twitter dell'Atac prima di avere accesso ai fonogrammi. Una via possibile potrebbe essere chiedere alle società che gestiscono i social network e le applicazioni di condividere, fermo restando il diritto alla privacy degli utenti, i metadati di ciascun *tweet* o dell'uso di una applicazione. Già adesso Moovit permette all'utente di segnalare attraverso un'apposita funzione dell'applicazione quando è in viaggio con un doppio risultato. Da una parte, l'applicazione avverte l'utente quando l'autobus si avvicina alla fermata a cui deve scendere, che avrà precedentemente indicato. D'altro canto il telefono dell'utente funge da geolocalizzatore del viaggio della vettura per il lasso di tempo in cui rimane a bordo, fornendo dati in tempo reale sul percorso che sono aggiuntivi e complementari rispetto a quelli che già forniscono ufficialmente le aziende del trasporto pubblico.

È inoltre necessario ragionare sulla gestione della rete in caso di eventi estremi: decidere a quali linee e a quali percorsi dare priorità, comunicare tempestivamente all'utenza e altro ancora, come viene indicato nel paragrafo 5.2.9.

Un ultimo tema su cui è necessario riflettere è l'importanza della ridondanza della rete dei trasporti, già sottolineata nei capitoli precedenti in un documento dell'IPCC (2014c). La resilienza consiste nella capacità di un sistema di riprendere a funzionare dopo uno *shock*, e per una rete di trasporti questo significa poter trovare percorsi alternativi. In questo senso la ridondanza, cioè la presenza su uno stesso percorso di diverse linee di trasporto, significa che nel caso in cui una di queste non funziona per una serie di motivi è possibile utilizzarne un'altra. Può succedere per esempio che un guasto a un treno blocchi un tratto di una linea della metropolitana per un certo periodo di tempo. Grazie alla ridondanza, agli utenti è data la possibilità di utilizzare un altro modo di trasporto, ad esempio un autobus che fa un percorso simile alla metropolitana per un certo tratto di strada. Purtroppo però la politica di molte aziende di trasporto pubblico è quella di eliminare le sovrapposizioni perché considerate poco redditizie. È quello che è successo tra il 2014 e il 2015 con l'ondata di razionalizzazioni che l'Atac ha incominciato ad applicare su parte della sua rete.

### **6.3. Come intervenire nell'adattamento dei trasporti: una tassonomia**

Con questo paragrafo si intende riflettere sulle modalità di intervento per attuare l'adattamento dei trasporti pubblici romani, che possono essere ricondotte a tre tipologie.

Un primo livello è quello della prevenzione e gestione immediata delle emergenze e di *disaster recovery*, che si avvicina alle modalità della protezione civile e che mira ad arginare il problema nel minor tempo possibile. Può essere utile nel breve periodo in situazioni in cui è necessario un intervento immediato. Va in questa direzione l'installazione di paratie all'ingresso delle stazioni a rischio di allagamento, come fatto ad Anagnina e Circo Massimo. Lo stesso si può dire della pulizia delle strade prima di un evento di pioggia intensa. Il concetto di *disaster recovery* è di origine informatica, ma può essere esteso a una pluralità di contesti in cui sia necessario garantire una risposta efficiente a situazioni di emergenza e per questa via la continuità del servizio o il suo rapido ripristino. A questo scopo è utile classificare i sistemi e le relative funzioni in:

- critici, per i quali il costo di interruzione è elevatissimo, la tolleranza all'interruzione è minima e che non possono essere sostituiti agevolmente da altri sistemi e funzioni;
- vitali, che possono essere sostituiti almeno in parte e per brevi periodi da altri sistemi e funzioni e per i quali il costo dell'interruzione è minore e la tolleranza maggiore;
- delicati, che possono essere sostituiti da altri sistemi e funzioni per periodi anche lunghi, anche se a costo di una minore efficacia e una minore qualità del servizio;
- non-critici, che possono essere sospesi a costi sopportabili in termini finanziari e di efficienza.

A un livello successivo si colloca il genere di interventi che questa tesi ha maggiormente evidenziato. Si tratta di azioni puntuali che mirano a risolvere questioni emergenti in maniera più duratura degli interventi immediati citati appena sopra. La graduale attuazione di questo genere di interventi riuscirà a migliorare il funzionamento dei trasporti pubblici di superficie in futuro.

Un livello di più ampio respiro è quello della pianificazione di lungo periodo, che ovviamente si ricongiunge alla pianificazione dei trasporti. Obiettivo di questa tesi e delle linee di ricerca che essa prospetta per il futuro non è direttamente la formulazione di un piano del trasporto pubblico locale del comune di Roma, ma la sottolineatura che — nella prospettiva dei cambiamenti climatici — qualunque intervento di piano dovrà necessariamente tenere conto di criteri e strumenti coerenti con le strategie di adattamento. Lo scopo in questo caso è immaginare nuovi servizi e nuove infrastrutture per la città futura, con un orizzonte di almeno venti o trent'anni. In questo caso si possono immaginare nuovi collegamenti e modi di trasporto che funzionino in un clima inevitabilmente cambiato. La progettazione di nuove infrastrutture non può prescindere da questa prospettiva. Come per Crossrail a Londra e per la metropolitana a Copenhagen, è necessario che le nuove infrastrutture di trasporto romane siano progettate seguendo questi criteri. Forse non è possibile applicarlo ai prolungamenti già in fase di progettazione, ma nel caso di nuove linee come la D, l'amministrazione può certamente indicare tra i requisiti per la progettazione l'inserimento di elementi che rendano la linea a prova di clima: per esempio che sia costruita in modo da evitare allagamenti e da mantenere una buona circolazione dell'aria. Lo stesso si può dire per i trasporti di superficie: corsie riservate con asfalto drenante e binari tramviari inerbati. Esiste poi la remota possibilità che si possano immaginare nei prossimi decenni nuovi modi di trasporto già adatti a funzionare in un clima diverso da quello odierno.

Questa ricerca si è concentrata sul secondo livello di interventi per il desiderio di restare nel mezzo. Non si tratta di una ricerca di mediocrità, bensì di scegliere la *medietas* nel senso datole dal poeta latino Orazio. Non vanno negati anche motivi di tempo, come accennato nei capitoli introduttivi: una tesi di dottorato ha per forza di cose una durata limitata di tre anni, che non permette di portare a termine progetti grandiosi. Si ritiene inoltre che gli interventi puntuali indicati in questo testo, sebbene non rivoluzionari, siano un primo passo importante verso l'adattamento ai cambiamenti climatici per Roma e indichino una direzione di buon senso per le politiche di trasporto.

#### **6.4. Sviluppi futuri**

In ogni caso gli interventi di più ampio respiro sono necessari per Roma. Come non basta occuparsi di trasporto pubblico di superficie, così è fondamentale pensare in un'ottica di lungo periodo al futuro degli spostamenti nella città.

Per questo si auspica che la ricerca possa proseguire, prima di tutto mantenendo ed eventualmente ampliando al di là delle giornate significative segnalate in questa sede il monitoraggio dei disservizi sulla rete di superficie come fatto per il quindicennio 1999-

2014, poi espandendo l'ambito di ricerca alla rete su ferro, e infine delineando progetti di più lungo periodo per l'intero sistema dei trasporti romano.

Per quanto si sia visto che il campo del *policy transfer* è tutt'altro che agevole, è possibile immaginare di applicare l'approccio qui presentato – lo studio dei disservizi dovuti a eventi meteorologici estremi – in altri contesti italiani ed europei. Altre città interessate all'adattamento nel settore dei trasporti potrebbero essere interessate ad attingere a questo approccio, cambiando ovviamente i criteri in termini di raccolta dei dati ed eventi estremi di maggiore interesse.

Altri possibili sviluppi al di là di questa tesi riguardano i temi lasciati aperti all'interno di queste riflessioni. In particolare i due livelli di azione indicati nel paragrafo precedente e che questa tesi non ha affrontato: il tema degli interventi emergenziali di brevissimo periodo e le strategie di lungo periodo per il sistema dei trasporti pubblici di Roma.

## 7. Bibliografia

- Antonoli, F. & Silenzi, S. (2007), "Variazioni relative del livello del mare e vulnerabilità delle pianure costiere italiane", *Quaderni della Società Geologica Italiana*, 2.
- Aparicio, A., Leitner, M., Mylne, K., Palin, E., & Sobrino, N. (2013), *Support to transport and environment assessments – Adaptation to Climate Change in the Transport Sector*, European Environment Agency – European Topic Centre on Climate Change impacts, vulnerability and Adaptation, ETC/CCA Technical Paper 03/2013, 30 September 2013
- Banister, D. (2005), *Unsustainable Transport - City transport in the new century*, Routledge, Abingdon
- Banister, D. & Hickman, R. (2014), *Transport, Climate Change and the City*, Routledge, Abingdon
- Biesbroek, G. R., Swart, R. J. & van der Knaap W. G. M. (2009), "The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning", *Habitat International*, 33, pp. 230-237
- Böcker, L., Prillwitz, J. & Dijst, M. (2013), "Climate change impacts on mode choices and travelled distances: a comparison of present with 2050 weather conditions for the Randstad Holland", *Journal of Transport Geography*, 28, pp. 176-185
- Breil, M., Catena, M. & Traversi, C. (2007), *Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento – sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura*. Disponibile su: <http://centrostudinataura.it/public2/documenti/332-11818.pdf> [consultato 12/06/13]
- Cai, H., Rasdorf, W. & Tilley, C. (2007), "An Approach to Determine Extent and Depth of Highway Flooding", *Journal of Infrastructure Systems*, 13, pp. 157–167
- Caserini, S. & Pignatelli, R. (2009), "Cambiamenti climatici e trasporti: il contesto e gli impatti" in Castellari, S. & Artale, V. (eds), *I cambiamenti climatici in Italia: evidenze, vulnerabilità e impatti*, Bononia University Press, Bologna
- Cheng, G., Sun, Z. & Niu, F. (2008), "Application of the roadbed cooling approach in Qinghai–Tibet railway engineering", *Cold Regions Science and Technology*, 53, pp. 241-258
- Chinowsky, P., Schweikert, A., Strzepek, N., Manahan, K., Strzepek, K. & Schlosser, A. (2013), "Climate change: comparative impact on developing and developed countries", *Climatic Change*, 117, pp. 345-361
- Cochran, I. (2009), "Climate Change Vulnerabilities And Adaptation Possibilities For Transport Infrastructures In France", *Climate Report*, 18, CDC Climat

Danish Ministry of the Environment (DME) (2014), *The Metro has been designed for climate change*. Disponibile su: <http://en.klimatilpasning.dk/recent/cases/items/the-metro-has-been-designed-for-climate-change.aspx> [consultato 18/12/2014]

Davoudi, S. (2009), *Framing the role of spatial planning in climate change*, EWP43, Newcastle University. Disponibile su: <http://www.ncl.ac.uk/guru/publications/working/documents/EWP43.pdf> [consultato 22/02/11]

Delpirou A. (2014), "La futura linea C: l'introuvable troisième ligne du métro romain, entre enjeux urbains et conflits institutionnels" in Delpirou, A. & Passalacqua, A. (eds.), «*Rome par tous les moyens*». *Évolutions urbaines et mobilité, XX<sup>e</sup>-XXI<sup>e</sup> siècles*. trad. it. Franco Bruni. «*Roma con tutti i mezzi*». *Evoluzioni urbane e mobilità, secoli XX e XXI*, École française de Rome, Roma

Department of Transport (DOT) Center for Climate Change and Environmental Forecasting & ICF International (2008), *The Potential Impacts of Global Sea Level Rise on Transportation Infrastructure*, Part 1: Methodology, DOT Center for Climate Change and Environmental Forecasting

De Pascali, P. (2008), *Città ed energia. La valenza energetica dell'organizzazione insediativa*, Franco Angeli, Milano

Dobney, K., Baker, C. J., Quinn, A. D. & Chapman, L. (2009), "Quantifying the effects of high summer temperatures due to climate change on buckling and rail related delays in south-east United Kingdom", *Meteorological Applications*, 16, pp. 245-251

Dolowitz, D. P. & Marsh, D. (2000), "Learning from Abroad: The Role of Policy Transfer in Contemporary Policy Making", *Governance*, 13: 1, pp. 5-24

Dovers, J. (2009), "Normalizing adaptation", *Global Environmental Change*, 19, pp. 4-6

Eisenack, K., Stecker, R., Reckien, D., & Hoffmann, E. (2012), "Adaptation to climate change in the transport sector: a review of actions and actors", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17, pp. 451-469

European Commission (EC) (2013), *An EU Strategy on adaptation to climate change*, European Commission, Brussels

European Environment Agency (EEA) (2014), *Adaptation of transport to climate change in Europe: Challenges and options across transport modes and stakeholders*, EEA Report no 8/2014, Publications Office of the European Union, Luxembourg

ESPON (2011), *ESPON Climate. Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies*. Applied Research 2013/1/4. Scientific Report. ESPON & IRPUD, TU Dortmund University. Disponibile su: [http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/CLIMATE/ESPON\\_Climate\\_Final\\_Report-Part\\_C-ScientificReport.pdf](http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/CLIMATE/ESPON_Climate_Final_Report-Part_C-ScientificReport.pdf) [consultato 12/06/13]

Farrag-Thibault, A. (2014), *Climate Change: Implications for Transport*, Cambridge Institute for Sustainability Leadership, Cambridge. Disponibile su:

<http://www.cisl.cam.ac.uk/Resources/Climate-and-Energy/Climate-Change-Implications-for-Transport.aspx> [consultato 01/09/14]

Fondazione Lombardia per l'Ambiente (2006), *Cambiamenti climatici a scala regionale: danno economico generato da eventi alluvionali sul sistema delle infrastrutture lombarde*, Progetto Kyoto Lombardia

Galbraith, R. M., Price, D. J. e Shackman, L. (eds) (2005), *Scottish Road Network Climate Change Study*, Scottish Executive, Edinburgh

Glaeser, E. (2011), *Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier*, Penguin Press, New York, trad. it. Giuseppe Bernardi (2012), *Il Trionfo Della Città: Come La Nostra Più Grande Invenzione Ci Rende Più Ricchi, Intelligenti, Ecologici, Sani e Felici*, [Kindle] Bompiani, Milano

Goodchild, M. F. (2007), "Citizens as sensors: the world of volunteered geography" *GeoJournal*, 69, pp. 211-221

Grüngleisnetzwerk, (2012), *Effect and Function of Green Tracks*, Grüngleisnetzwerk, Berlin. Disponibile su:  
<http://www.gruengleisnetzwerk.de/images/downloads/effects.pdf> [consultato 15/04/16]

Hallegatte, S., Ranger, N., Mestre, O., Dumas, P., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C. & Wood, R. M. (2011), "Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: a case study on Copenhagen", *Climatic Change*, 104, pp. 113-117

HM Government (2011), *Climate Resilient Infrastructure: Preparing for a Changing Climate*, TSO, London

Holper, P., Lucy, S., Nolan, M., Senese, C., & Hennessy, K. (eds) (2007), *Infrastructure and climate change risk assessment for Victoria*, CSIRO, Aspendale

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), *Climate Change 2001: Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC (2013), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC (2014a), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC (2014b), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA



- IPCC (2014c), "Urban Areas" in *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Ison, S., Marsden, G. & May, A. D. (2011), "Transferability of urban transport policy", *Transport Policy*, 18: 3, pp. 489-491
- Jaroszweski, D., Chapman, L. & Petts, J. (2010), "Assessing the potential impact of climate change on transportation: the need for an interdisciplinary approach", *Journal of Transport Geography*, 18, pp. 331-335
- Jollands, N., Ruth, M., Bernier, C. & Golubiewski, N. (2007), "The climate's long-term impact on New Zealand infrastructure (CLINZI) project—A case study of Hamilton City, New Zealand", *Journal of Environmental Management*, 18, pp. 460-477
- Kay, A. (2011), "Evidence-Based Policy-Making: The Elusive Search for Rational Public Administration", *The Australian Journal of Public Administration*, 70: 3, pp. 236-245
- Kirshen, P., Ruth, M. e Anderson, W. (2008a), "Interdependencies of urban climate change impacts and adaptation strategies: a case study of Metropolitan Boston USA", *Climatic Change*, 86, pp. 105-122
- Kirshen, P., Knee, K. & Ruth, M. (2008b), "Climate change and coastal flooding in Metro Boston: impacts and adaptation strategies", *Climatic Change*, 90, pp. 453-473
- Kleinosky, L. R., Yarnal, B. & Fisher, A. (2007), "Vulnerability of Hampton Roads, Virginia to Storm-Surge Flooding and Sea-Level Rise", *Natural Hazards*, 40, pp. 43-70
- Koetse, M. J. & Rietveld, P. (2009), "The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings", *Transportation Research Part D*, 14, pp. 205-221
- Larsen, P. H., Goldsmith, S., Smith, O., Wilson, M. L., Strzepek, K., Chinowsky, P. & Saylor, B. (2008), "Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change", *Global Environmental Change*, 18, pp. 442-457
- Latour, B. (1993), *We have never been modern*, trad. Cathy Porter, Cambridge, MA: Harvard University Press, in Latour, B. (2011), "Politics of nature: East and West perspectives", *Ethics & Global Politics*, 4: 11, pp. 71-80
- Lieto, L. (2013), "Cross-border mythologies: The problem with traveling planning ideas", *Planning Theory*, pp. 1-15, DOI: 10.1177/1473095213513257
- Lindgren, J., Jonsson, D. K. & Carlsson-Kanyama, A. (2009), "Climate Adaptation of Railways: Lessons from Sweden", *EJTIR*, 9: 2, pp. 164-181
- Marsden, G. & Rye, T. (2010), "The governance of transport and climate change", *Journal of Transport Geography*, 18, pp. 669-678
- Marsden, G. & Stead, D. (2011), "Policy transfer and learning in the field of transport: a review of concepts and evidence", *Transport Policy*, 18: 3, pp. 492-500

- Mayer, M. (2012), "Chaotic Climate Change and Security", *International Political Sociology*, 6, pp. 165-185
- Mayor of London (2005), *Climate change and London's transport systems - Summary Report*, Greater London Authority, London
- McColl, L., Palin, E. J., Thornton, H. E., Sexton, D. M. H., Betts, R. & Mylne, K. (2012), "Assessing the potential impact of climate change on the UK's electricity network", *Climatic Change*, 115, pp. 821-835
- Milano Serravalle (2012), *2007-2011: 5 anni di rapporto ambientale*. Disponibile su: [http://www.serravalle.it/doc/64testi\\_6RSA\\_2007\\_-\\_2011.pdf](http://www.serravalle.it/doc/64testi_6RSA_2007_-_2011.pdf) [consultato 19/05/14]
- Mills, B. e Andrey, J. (2005), *Climate Change and Transportation: Potential Interactions and Impacts*. Disponibile su: <http://climate.dot.gov/documents/workshop1002/mills.pdf> [consultato 23/07/2012]
- National Research Council (NRC) (2008), *Potential Impacts of CLIMATE CHANGE on U.S. Transportation*, Transportation Research Board, Washington D.C.
- Passalacqua, A. (2014), "Renovatio vecturis: les cycles incomplets des transports collectifs de surface romains" in Delpirou, A. & Passalacqua, A. (eds.)
- Preston, B. J., Mustelin, J. & Maloney, M. C. (2013), "Climate adaptation heuristics and the science/policy divide", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, DOI 10.1007/s11027-013-9503-x
- Ranger, N., Hallegatte, S., Bhattacharya, S., Bachu, M., Priya, S., Dhore, K., Rafique, F., Mathur, P., Naville, N., Henriot, F., Herweijer, C., Pohit, S. e Corfee-Morlot, J. (2005), "An assessment of the potential impact of climate change on flood risk in Mumbai", *Climatic Change*, 104, pp. 139-167
- Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) (2015), La ligne 14 puise sa chaleur dans le sol. Disponibile su: <http://scope.ratp.fr/la-ligne-14-puise-sa-chaleur-dans-le-sol/> [consultato 20/12/15]
- Roma Resiliente (2016), *Valutazione preliminare di Resilienza*, Roma Resiliente, Roma. Disponibile su: <http://www.urbanistica.comune.roma.it/images/roma-resiliente/pragennaio2016.pdf> [consultato 14/02/2016]
- Royal Academy of Engineering (RAE) (2011), *Infrastructure, Engineering and Climate Change Adaptation – ensuring services in an uncertain future*, RAE, London
- Sassen, S. (2007), *A Sociology of Globalization*, W. W. Norton & Company, New York, trad. it. Piero Arlorio (2008), *Una sociologia della globalizzazione*, Einaudi, Torino
- Sheng, J. & Wilson, J. P. (2009), "Watershed urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles metropolitan region", *Natural Hazards*, 48, pp. 41-57
- Sovacool, B. K. (2011), "Hard and soft paths for climate change adaptation", *Climate Policy*, 11, pp. 1177-1183

Sovacool, B. K. (2012), "Perceptions of climate change risks and resilient island planning in the Maldives", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17, pp. 731-752

Stead, D. (2012), "Best Practices and Policy Transfer in Spatial Planning", *Planning Practice & Research*, 27: 1, pp. 103-116

Stol, H. R. (2009), *A Framework for Evidence-based Policy Making Using IT - A Systems Approach*, Eburon, Delft

Taylor, M. A. P. & Philp, M. (2010), "Adapting to climate change – implications for transport infrastructure, transport systems and travel behaviour", *Road & Transport Research*, 19: 4, pp. 69-82

Timms, P. (2011), "Urban transport and policy transfer: 'bottom up' and 'top down' perspectives", *Transport Policy*, 18: 3, pp. 513-521

Transport for London (TfL) (2011a), *Safety, health and environment assurance committee - Sustainability and Crossrail*, 9/03/11. Disponibile su: <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/Item08-SHEAC-9-March-2011-Sustainability-Crossrail.pdf> [consultato 31/10/13]

TfL (2011b), *Providing Transport Services Resilient to Extreme Weather and Climate Change*. Disponibile su: <http://archive.defra.gov.uk/environment/climate/documents/adapt-reports/06road-rail/transport-london.pdf> [consultato 02/06/14]

TfL (2012), *Delivering Vertical Greening*. Disponibile su: <https://www.london.gov.uk/sites/default/files/2012-10-15%20Delivering%20Vertical%20Greening.pdf> [consultato 24/10/14]

TfL (2015), *Providing Transport Services Resilient to Extreme Weather and Climate Change. 2015 Update Report following last report to Government in 2011*. Disponibile su: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/466602/climate-adrep-tfl.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/466602/climate-adrep-tfl.pdf) [consultato 04/12/15]

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2016), *Decisions adopted by the Conference of the Parties. Adoption of the Paris Agreement*. Disponibile su: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf> [consultato 15/04/16]

Vettoretto, L. (2009), "A Preliminary Critique of the Best and Good Practices Approach in European Spatial Planning and Policy-making", *European Planning Studies*, 17: 7, pp. 1067-1083

Vicari Haddock, S. (2004), *La città contemporanea*, Il Mulino, Bologna

Weiss, C. H., Murphy-Graham, E., Petrosino, A. & Gandhi, A. G. (2008) "The Fairy Godmother—and Her Warts. Making the Dream of Evidence-Based Policy Come True", *American Journal of Evaluation*, 29: 1, pp. 29-47

Wilbanks, T.J., Bhatt, V., Bilello, D. E., Bull, S. R., Ekmann, J., Horak, W. C., Huang, Y. J., Levine, M. D., Sale, M. J., Schmalzer, D. K. & Scott, M. J. (2008), *Effects of Climate*

*Change on Energy Production and Use in the United States*, U.S. Climate Change Science Program, Washington D.C.

Wolman, H. & Page, E. (2002) "Policy transfer among local governments. An information theory approach", *Governance*, 15: 4, pp. 477–501 in Stead, D. (2012)

Wright, L., Chinowsky, P., Strzepek, K., Jones, R., Streeter, R., Smith, J. B., Mayotte, J. M., Powell, A., Jantasami, L. & Perkins, W. (2012), "Estimated effects of climate change on flood vulnerability of U.S. bridges", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17, pp. 939-955

Yin, R. K. (2009), *Case study research: design and methods*, 4<sup>th</sup> edition, Sage Publications, Los Angeles