

Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili

Dipartimento per la Programmazione Strategica,
i Sistemi Infrastrutturali, di Trasporto a Rete, Informativi e Statistici
Direzione Generale per la Digitalizzazione, i Sistemi Informativi e Statistici
Ufficio di Statistica

Programmazione Strategica 2021

Obiettivo Operativo

Miglioramento delle statistiche sulla incidentalità nei trasporti stradali,
anche con riferimento alla tipologia di strada,
e produzione di un rapporto che analizzi la distanza con l'obiettivo
previsto all'interno dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite
e indichi strategie di intervento mirate alla riduzione dell'incidentalità

INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro
Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e
Sicurezza degli Impianti Prodotti e Insediamenti Antropici

Città Metropolitane:

Analisi degli indici di infortunio sul lavoro “con mezzo di trasporto coinvolto”

Contributo Inail

Città Metropolitane:

Analisi degli indici di infortunio sul lavoro “con mezzo di trasporto coinvolto”

a cura dell'Ing. Antonella Pireddu

Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro
Dipartimento Innovazioni Tecnologiche e
Sicurezza degli Impianti Prodotti e Insediamenti Antropici

Introduzione

Le Città Metropolitane rappresentano la matrice all'interno della quale si concentrano alti livelli di urbanizzazione, attività produttive e reti infrastrutturali di trasporto e dove, a causa degli elevati volumi di traffico veicolare e pedonale, le interazioni tra utenti stradali, inclusi quelli vulnerabili, sono più intense. Al loro interno, nei cosiddetti *nodi* o *punti di conflitto*¹ corrispondenti alle intersezioni tra le correnti di traffico veicolare o pedonale, il rischio infortunistico legato al traffico è più intenso. Tra le recenti raccomandazioni dell'European Transport Safety Council (ETSC) per arginare l'incidentalità stradale nelle aree più urbanizzate, figura un approccio sistemico basato su livelli di sicurezza stradale, integrati nei cosiddetti (SUMP) piani di Mobilità Urbana Sostenibile. Gli aspetti così descritti costituiscono il presupposto di riferimento per la presente analisi, che si basa sugli indici di infortunio nelle aree di influenza generate dai punti di conflitto nelle 14 aree italiane.

Gli Enti di zona vasta sono stati istituiti con la legge 7 aprile 2014 n. 56 e di essi è trattato nell'articolo 114 della Costituzione italiana. Si tratta di 14 enti le cui finalità sono la cura dello sviluppo strategico del territorio, la promozione e gestione integrata dei servizi, delle infrastrutture e delle reti di comunicazione nonché la pianificazione territoriale generale. In tale attività rientra la strutturazione e organizzazione dei servizi pubblici di interesse generale, la mobilità e viabilità, la verifica di coerenza tra la pianificazione urbanistica e la promozione e coordinamento dei sistemi di informatizzazione e di digitalizzazione.

Con riferimento a tali aree, considerando le banche dati Inail sugli infortuni sul lavoro, è stato estratto l'insieme degli *infortuni sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto*, relativo al quinquennio 2016-2020 e al biennio 2019 - 2020. Il 2019 caratterizzato da condizioni di traffico ordinarie e il 2020 da condizioni di traffico eccezionale a seguito dei Decreti emanati dal Governo per il contenimento della pandemia da SARS-CoV-2 (DCPM del 9 marzo 2020 e successivi) e di misure come il *lockdown* e lo *smart-working*. L'eccezionale inflessione dei volumi di traffico veicolare si è prestata ad un'analisi empirica comparata del fenomeno infortunistico.

Dalle banche dati geografiche Openstreetmap (OSM) sono stati estratti due insiemi relativi all'infrastruttura: i vettori polilinee, corrispondenti all'*estensione stradale chilometrica* e i vettori punto, corrispondenti ai nodi contenuti all'interno dei limiti geografici delle 14 aree vaste. I primi rappresentano lo sviluppo dei tratti di carreggiata espressi in chilometri mentre, i secondi corrispondono agli *attraversamenti, stop e semafori* presenti in ogni città. Ognuna di esse poi con la poligonazione di Voronoi o tassellatura di Dirichlet è stata suddivisa in zone pari al numero di nodi. È stata così ottenuta l'area di influenza di ogni singolo attraversamento, stop o semaforo, dove si concentrano le origini e le destinazioni del traffico e dove i flussi veicolari e pedonali provenienti dalle diverse correnti hanno una differente probabilità che si intersechino². All'interno di ogni nodo e della relativa area, sono stati analizzati gli infortuni sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto riferiti al periodo 2016-2020 e al biennio 2019 – 2020 rispetto ai quali è stato determinato un indice di infortunio Iv.

¹ Gli attraversamenti, stop e segnali semaforici sono considerati punti di conflitto della rete in quanto presentano criticità dovute alla riduzione delle velocità dei flussi in transito, necessaria ai conducenti dei veicoli e ai pedoni per assicurarsi che la traiettoria che intendono percorrere sia momentaneamente libera e inoltre, dovute alla ripartizione del tempo di via libera che impedisce a ciascuna corrente, di eseguire l'attraversamento o la svolta previsti, nel tragitto da percorrere, alla stessa velocità tenuta nei tratti stradali senza nodi.

² In corrispondenza degli stop o ai semafori, nella svolta a sinistra, può in generale, aumentare la probabilità che si verifichi un incidente, per il fatto che [1] il conducente fermo, ad un certo punto ritiene intollerabile l'attesa e accetta anche intervalli tra veicoli dell'altra corrente molto piccoli, anche a svantaggio della sicurezza.

Termini e definizioni

Infortuni con mezzo di trasporto coinvolto. Rappresentano l'insieme degli infortuni *in itinere* e *in occasione di lavoro* avvenuti in un'area aperta alla pubblica circolazione, col concorso di almeno un mezzo di trasporto (veicoli terrestri e non). Ai sensi dell'art. 12 d.lgs. 38/2000 è considerato *in itinere* l'infortunio avvenuto durante il normale tragitto di andata e ritorno tra l'abitazione e il luogo di lavoro o da un luogo di lavoro a un altro (nel caso di rapporti di lavoro plurimi), oppure durante il tragitto abituale per la consumazione dei pasti se non esiste una mensa aziendale. È considerato *in occasione di lavoro* l'infortunio verificatosi in connessione con le condizioni in cui si svolge l'attività lavorativa. Sono esclusi da questa classificazione gli infortuni legati a incidenti tra veicoli o mezzi agricoli all'interno di un cantiere o nei campi, non trattandosi di aree aperte alla pubblica circolazione. Gli infortuni con mezzo di trasporto coinvolto considerati ai fini del presente contributo sono quelli denunciati, estratti dagli Opendata Inail "DatiConCadenzaMensileInfortuniRegione" per regione e per provincia, aggiornati al 31/08/2021 e fanno riferimento al 2016-2020.

Gravità media. Ai fini del presente contributo, è stata definita *gravità media* il rapporto tra il numero complessivo di giorni di indennizzo, relativi ai casi di infortunio accertato e il numero complessivo di infortuni denunciati nello stesso periodo di riferimento. Per la determinazione della gravità media sono stati considerati i casi di infortunio sul lavoro con il coinvolgimento di mezzo di trasporto, *in itinere* e *in occasione di lavoro*, estratti dagli Opendata Inail per provincia, relativi al quinquennio 2016-2020, aggiornati al 30/04/2021.

Nodi o punti di conflitto dell'infrastruttura stradale. I punti di intersezione tra le traiettorie dei flussi veicolari e pedonali provenienti dalle diverse correnti, vengono tecnicamente definiti nodi e nel presente contributo, corrispondono alternativamente ad un attraversamento o semaforo o stop, geo-localizzati, insistenti in ogni singola area metropolitana (ECM). I punti così definiti sono stati estratti dalle banche dati Openstreetmap (vettori punto).

Estensione stradale chilometrica (estesa). Consiste nel complesso dei tratti stradali ricompresi in una determinata area. Nel nostro caso costituisce l'estensione, espressa in chilometri, della lunghezza degli elementi vettoriali linea della carreggiata, insistenti in ogni singola area metropolitana (ECM) o in ogni suo poligono di Voronoi (EV). L'estensione stradale considerata nel presente contributo è stata estratta dalle banche dati geografiche Openstreetmap (vettori linea).

Poligoni di Voronoi. La decomposizione di Voronoi o tassellatura di Dirichlet è un particolare tipo di decomposizione di uno spazio, determinata dalle distanze rispetto ad un insieme discreto di elementi (punti) di esso. Le proprietà geometriche di tali poligoni riguardano la conservazione delle proprietà del suo spazio e pertanto di tutte le sue linee. Anche i punti all'interno del tracciato stradale godono infatti della proprietà di essere equidistanti all'insieme dei punti discreto sui cui è costruita la poligonazione. Ai fini del presente contributo la tassellatura riguarda l'insieme p dei nodi o punti di attraversamento, semaforo, stop, geo-riferiti, presenti nelle 14 Città Metropolitane. Le aree di influenza in kmq, ottenute dalla poligonazione, hanno le seguenti proprietà geometriche:

- ad ogni poligono o sito $V(p)$, corrisponde un solo p (attraversamento o semaforo o stop);
- tutti i punti contenuti all'interno del perimetro di $V(p)$ risultano più vicini a p che a qualunque altro attraversamento, semaforo o stop della stessa Città Metropolitana;
- tutti i tratti stradali contenuti all'interno del perimetro $V(p)$ risultano più vicini a p che a qualunque altro attraversamento, semaforo o stop, della stessa Città Metropolitana.

Indice di infortunio con mezzo di trasporto coinvolto (I_v). Ai fini del presente studio si definisce I_v l'indice determinato dal prodotto tra il totale degli infortuni sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto avvenuti in un periodo di riferimento in ogni Città Metropolitana (I_{CM}) e il rapporto tra l'Estensione stradale (E_v) del singolo poligono di Voronoi e Estensione stradale (E_{CM}) della stessa Città Metropolitana. ($I_v = I_{CM} * E_v/E_{CM}$).

L'indice I_v restituisce una stima degli infortuni all'interno di ogni area di influenza di ogni attraversamento o semaforo o stop. La somma degli indici così ottenuti corrisponde al totale degli infortuni sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto proveniente dagli Opendata Inail, nello stesso periodo di riferimento e nella stessa area (v. Appendice I e Appendice II).

Tabella 1 – Città Metropolitane. Infrastruttura e Infortuni sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto. Italia. 2016-2020.

Città Metropolitana	AREA	ESTENSIONE STRADALE	NODI O PUNTI ³	INFORTUNI	INFORTUNI	INFORTUNI	GRAVITA' MEDIA	GRAVITA' MEDIA
	(kmq)	(km)	(Attraversamenti, stop e semafori)	2016-2020	2019	2020	2019	2020
<i>Totale</i>	46.638	209.682	97.697	163.220	35332	20920	22,75	23,64
Bari	3863	16194,4	2738	6789	1482	1032	20,09	21,15
Bologna	3702	15332,5	3913	13053	2817	1790	19,64	18,97
Cagliari	1249	5010,23	1139	3532	799	407	25,15	26,23
Catania	3574	12202,8	3433	4574	952	565	30,86	29,60
Firenze	3514	16498,2	8012	13709	3054	1728	26,26	25,68
Genova	1834	10742,8	5731	8703	1844	1208	29,29	29,23
Messina	3266	13715,2	4588	2394	530	392	27,11	30,31
Milano	1575	17443,8	35519	35618	7784	4225	18,16	19,82
Napoli	1179	9673,5	2579	6370	1362	869	25,89	26,64
Palermo	5009	13740	987	44321	865	635	34,53	33,40
Reggio di Calabria	3210	9656,86	620	1062	215	131	37,57	34,50
Roma	5363	28619,7	9579	34770	7359	4141	25,84	25,72
Torino	6827	30763,8	13242	19764	4328	2618	17,01	20,25
Venezia	2473	10088,3	5617	8553	1941	1179	21,76	23,48

Fonte: Inail - Open data rilevati al 30/04/2021 per il quinquennio 2016-2020 Openstreetmap traffic/roads- QGIS (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitane. Analisi della varianza (ANOVA) relativa alle variabili temporali e di gravità del fenomeno infortunistico

L'esame dei dati di infortunio stradale riferiti al quinquennio 2016-2020 e al biennio 2019-2020 ha riguardato oltre che le frequenze di infortuni denunciati, anche la gravità delle conseguenze incidentali per l'infortunato. Nel 2020 la gravità media nelle Città Metropolitane di Bari, Cagliari, Messina, Milano, Napoli, Torino e Venezia è aumentata mentre, è diminuita nelle Città Metropolitane di Bologna, Catania, Firenze, Palermo e Regio di Calabria ed è rimasta pressoché invariata nelle città di Roma e Genova. Oltre alle variabili riportate in tabella 1 che indicano la gravità media riferita al 2019 e al 2020 (in condizioni di traffico ordinario e in condizioni di restrizioni di traffico dovute alla pandemia da SARS-CoV-2), sono state anche introdotte ulteriori variabili di raggruppamento utili a descrivere la gravità media nei trimestri I, II, III e IV di ognuno dei 5 anni di riferimento (Tabella 2). L'analisi dei risultati evidenzia un considerevole incremento di gravità rispetto all'anno precedente

³ Si tratta di un dato stimato tratto da OSM. La possibilità che tale dato sia sottostimato non modifica la copertura totale dell'area di influenza di ciascun nodo. In caso di sottostima gli indici calcolati per ogni area di influenza sono riferiti ad un'area maggiore.

per alcuni trimestri del 2020 di cui è descritto nel seguito, che lascia ipotizzare un'influenza delle differenti condizioni di traffico e di velocità veicolare, nei due anni.

Tabella 2 – Città Metropolitane. Gravità media degli Infortuni sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto, per trimestre. Italia. 2016-2020.

Città Metropolitana	2016				2017				2018				2018				2020			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Bari	21,2	26,7	28,3	19,7	20,9	21,8	27,1	22,7	24,1	27,6	22,3	18,7	20,8	18,6	24,5	16,8	20	19,8	25,6	18,7
Bologna	25	23	27,4	23,8	23,4	21,6	24	20,6	19,7	20,8	25,1	19,2	18,2	17,2	24,4	19,6	19,6	19,4	22,4	14,9
Cagliari	32,3	31	35,4	44,3	35,8	35,1	31,6	31	26,7	23,9	34,6	20,4	21,5	28,2	24,4	25,7	22,3	27,3	30,7	25,8
Catania	30,5	34,1	40,4	30,9	32,8	30,3	36,8	27,4	28,5	35,5	45,5	28,2	25,2	35,4	32,6	29,8	26,2	37,2	35,5	22,1
Firenze	23,7	28,5	33	24	27	28,2	26,3	23,9	25,8	23,8	29,6	25,2	22,7	25,3	30,9	27,3	31	27,1	23,8	21
Genova	25,4	25,8	29	21,4	24,4	25,4	30,6	24,9	21,2	28,3	27,5	26,2	25,2	32,6	29,5	29,5	32,8	33,8	26,3	23,9
Messina	36,3	29,9	41,7	24,2	20,7	40,3	32,4	24,7	35,1	33,4	47	33,3	21,6	25,2	36,6	22,9	29,3	41,5	29,4	25,6
Milano	19,5	19,8	21,7	19,6	18,3	22,7	21,5	17,9	17,5	19	20,4	17	15,6	18,6	19,1	19,3	18	24,9	19,8	18,1
Napoli	25,4	29,6	34,9	27,8	21,5	34,4	29,5	35,6	26,4	31	30	25,6	32,2	21	28,8	22,3	24,7	27,7	30,2	23,5
Palermo	41,3	38,5	40	42,2	38,1	36,2	46	34,8	32,9	34,8	51,1	39,8	36,7	36,5	32,9	32,2	34,9	38,4	36,3	24,3
Reggio di Calabria	46,3	41,2	33,7	29,3	36,1	49,5	38,6	33,9	36	39,5	35	33,3	34,1	26,9	53,5	32	26,6	40,3	32,5	38,8
Roma	29,5	30,2	30	26	28,7	28	29,1	26	25,8	25,3	29,3	24,7	25,6	24,2	28,3	25,6	26,9	29,5	26,3	20,6
Torino	20,3	23,8	27,4	21,8	21,8	20,8	21,3	18,9	19,9	17,9	21,6	18,6	18,3	16,2	20,5	14,1	18,3	22,6	23,7	17,2
Venezia	25,4	20,3	24,1	22,4	23,4	24	25,1	22,1	18,4	19,8	23,2	19,5	23,3	22,7	22,4	18,6	20	29,5	27,5	17

Fonte: Inail - Open data rilevati al 30/04/2021 per il quinquennio 2016-2020 (Rielaborazione Dit Inail)

L'analisi della varianza (ANOVA) ha fornito per ciascuna Città Metropolitana, indicazioni sulla omogeneità della gravità media di infortunio in ogni trimestre nel quinquennio.

Il test di Fisher (F-Test) è una verifica dell'ipotesi nulla (H_0 o nessun effetto) che si ottiene valutando quanto il rapporto di due grandezze che stimano una stessa varianza parametrica si discosta dal valore ideale (1). Se questa discordanza supera un certo valore soglia allora è verosimile che ciò sia dovuto alla presenza di componenti addizionali dovute all'effetto del trattamento, quindi si rigetta l'ipotesi nulla.

Tabella 3 – Città Metropolitane. Analisi descrittiva. Gravità media di infortunio per trimestre nel quinquennio 2016-2020.

Città Metropolitana	Trim.	N. Trim.	Media	Min.	Max.	Città Metropolitana	Trim.	N. Trim.	Media	Min.	Max.
Bari	I	5	21,4	20	24	Messina	I	5	28,6	21	36
	II	5	22,9	19	28		II	5	34,06	25	42
	III	5	25,56	22	28		III	5	37,42	29	47
	IV	5	19,32	17	23		IV	5	26,14	23	33
	Totale	20	22,3	17	28		Totale	20	31,56	21	47
Bologna	I	5	21,18	18	25	Napoli	I	5	26,04	22	32
	II	5	20,4	17	23		II	5	28,74	21	34
	III	5	24,66	22	27		III	5	30,68	29	35
	IV	5	19,62	15	24		IV	5	26,96	22	36
	Totale	20	21,47	15	27		Totale	20	28,11	21	36
Cagliari	I	5	27,72	22	36	Palermo	I	5	36,78	33	41
	II	5	29,1	24	35		II	5	36,88	35	39
	III	5	31,34	24	35		III	5	41,26	33	51
	IV	5	29,44	20	44		IV	5	34,66	24	42
	Totale	20	29,4	20	44		Totale	20	37,4	24	51
Catania	I	5	28,64	25,2	32,8	Reggio di Calabria	I	5	35,82	27	46
	II	5	34,5	30,3	37,2		II	5	39,48	27	50
	III	5	38,16	32,6	45,5		III	5	38,66	33	54
	IV	5	27,68	22,1	30,9		IV	5	33,46	29	39
	Totale	20	32,25	22,1	45,5		Totale	20	36,86	27	54
Firenze	I	5	26,04	23	31	Roma	I	5	27,3	26	30
	II	5	26,58	24	29		II	5	27,44	24	30
	III	5	28,72	24	33		III	5	28,6	26	30
	IV	5	24,28	21	27		IV	5	24,58	21	26
	Totale	20	26,41	21	33		Totale	20	26,98	21	30
Genova	I	5	25,8	21	33	Torino	I	5	19,72	18,3	21,8
	II	5	29,18	25	34		II	5	20,26	16,2	23,8
	III	5	28,58	26	31		III	5	22,9	20,5	27,4
	IV	5	25,18	21	30		IV	5	18,12	14,1	21,8
	Totale	20	27,18	21	34		Totale	20	20,25	14,1	27,4
Milano	I	5	17,78	16	20	Venezia	I	5	22,1	18	25
	II	5	21	19	25		II	5	23,26	20	30
	III	5	20,5	19	22		III	5	24,46	22	28
	IV	5	18,38	17	20		IV	5	19,92	17	22
	Totale	20	19,42	16	25		Totale	20	22,43	17	30

Fonte: Inail - Open data rilevati al 30/04/2021 per il quinquennio 2016-2020 (Rielaborazione Dit Inail)

Analizzando la gravità media riferita ai trimestri nel quinquennio, il massimo è stato osservato a Palermo nel III trimestre (41,26) e il minimo a Torino nel IV trimestre (18,12).

Fatta eccezione per le Città Metropolitane di Milano e Reggio di Calabria, i massimi per questo indice, nel quinquennio, interessano il III trimestre.

Tabella 4 – Città Metropolitane. Analisi della varianza. Gravità media di infortunio per trimestre nel quinquennio 2016-2020.

Città Metropolitana	Anova	S. Qu.	M. Qu.	F	Sig.	Città Metropolitana	Anova	S. Qu.	M. Qu.	F	Sig.
Bari	Between Groups	103,39	34,46	4,75	0,015	Milano	Between Groups	37,17	12,39	4,23	0,022
	Within Groups	116,06	7,25				Within Groups	46,86	2,93		
	Total	219,45					Total	84,03			
Bologna	Between Groups	74,14	24,71	3,7	0,034	Napoli	Between Groups	63,05	21,02	1,14	0,362
	Within Groups	106,89	6,68				Within Groups	294,08	18,38		
	Total	181,03					Total	357,13			
Cagliari	Between Groups	33,39	11,13	0,28	0,838	Palermo	Between Groups	115,31	38,44	1,33	0,3
	Within Groups	634,03	39,63				Within Groups	462,68	28,92		
	Total	667,42					Total	577,99			
Catania	Between Groups	369,54	123,18	9,36	0,001	Reggio di Calabria	Between Groups	113,73	37,91	0,75	0,536
	Within Groups	210,55	13,16				Within Groups	804,54	50,28		
	Total	580,09					Total	918,27			
Firenze	Between Groups	50,19	16,73	2,01	0,153	Roma	Between Groups	43,49	14,5	3,39	0,044
	Within Groups	133,02	8,31				Within Groups	68,36	4,27		
	Total	183,21					Total	111,85			
Genova	Between Groups	59,32	19,77	1,76	0,194	Torino	Between Groups	59,2	19,73	2,84	0,071
	Within Groups	179,34	11,21				Within Groups	111,37	6,96		
	Total	238,67					Total	170,57			
Messina	Between Groups	393,64	131,21	3,12	0,055	Venezia	Between Groups	56,09	18,7	2,31	0,115
	Within Groups	672,15	42,01				Within Groups	129,61	8,1		
	Total	1065,79					Total	185,71			

Fonte: Inail - Open data rilevati al 30/04/2021 per il quinquennio 2016-2020 (Rielaborazione Dit Inail)

La tabella 4 riporta l'esito dell'analisi ANOVA applicata allo scopo di analizzare, per ogni Città Metropolitana, l'omogeneità (varianza) della gravità media di infortunio tra diversi trimestri, di un singolo anno (*within groups*) e nel quinquennio (*between groups*). È riportato anche il coefficiente di Fisher sui cui si basa l'analisi e la significatività (Sig.). Varianze non omogenee (Sig.<0.05 in neretto) sono state evidenziate per Bari, Bologna, Catania, Milano e Roma.

Analisi degli infortuni riferiti all'infrastruttura mediante decomposizione di Voronoi

Per l'analisi della relazione tra l'infrastruttura, il territorio e il fenomeno infortunistico⁴, sono stati esaminati l'estensione stradale chilometrica, la superficie delle aree metropolitane e quella di ogni singolo poligono di Voronoi, costruito sugli attraversamenti, intersezioni semaforiche e stop. Del fenomeno infortunistico sono state considerate la frequenza riferita al quinquennio 2016-2020 e la gravità media riferita allo stesso quinquennio (Tabelle da 1 a 4). Sono state tralasciate le variabili di natura socio – economica e la loro influenza sul fenomeno infortunistico, rispetto alle quali si rimanda ad ulteriori studi.

Una volta definita la tassellatura di Voronoi $V(p)$, avente proprietà geometriche utili per un'analisi riferita ai nodi, è stato attribuito un indice di infortunio ponderato (I_v) determinato mediante la seguente relazione:

Infortuni totali (I_{CM}) / Estesa totale (E_{CM}) = Indice di Infortunio riferito al $V(p)$ / Estesa nel $V(p)$

$$I_{CM} / E_{CM} = I_v / E_v \quad \text{da cui}$$

$$(1) \quad I_v = I_{CM} * (E_v / E_{CM})$$

⁴ Non sono stati considerati gli infortuni mortali, per ogni approfondimento relativo ai casi di infortunio mortale così come per dettagli relativi alla totalità degli infortuni con mezzi di trasporto coinvolto si rimanda al Capitolo I Inail.

Il modello così ottenuto, pur non rispecchiando esattamente il dato infortunistico reale, fornisce un'approssimazione del fenomeno nelle aree di influenza degli stessi nodi di ogni area vasta, nel periodo considerato. Le assunzioni alla base del modello sono motivate dal fatto che ad oggi, anche a causa di limitazioni dovute alla tutela della *privacy* non è possibile fornire un'analisi puntuale dei dati, inoltre si dispone di dati di infortunio stradale (in itinere o in occasione di lavoro) dove le coordinate geografiche sono difficilmente attribuibili anche con tecniche di *record linkage*, in particolar modo nelle aree urbane. Questo rende i dati poco idonei per un'analisi spaziale puntuale e più adatti invece ad un'analisi indicizzata del tipo descritto attraverso la formula (1). I principali limiti del modello sono legati all'assunzione dell'ipotesi di costanza dell'indice I_v di ogni singolo poligono di Voronoi. Ulteriori limiti del modello sono legati alla possibilità che l'estensione stradale subisca delle modificazioni nel tempo che si riflettono sul numero dei nodi, sull'estensione stradale e pertanto sugli stessi indici.

In Appendice I per ogni Città Metropolitana, sono state riportate le mappe tematiche relative alle aree di influenza dei nodi $V(p)$, dove sono rappresentati gli indici ponderati di infortunio I_v negli anni 2019 e 2020 in corrispondenza dei nodi.

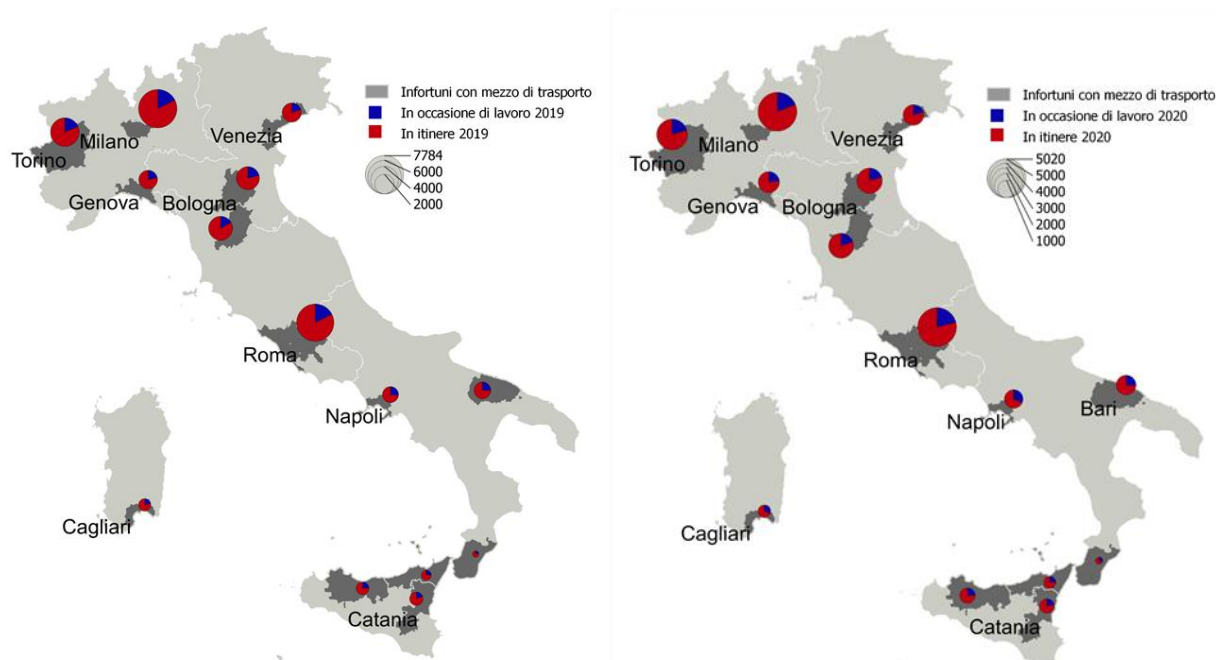
In Appendice II è stata riportata una sintesi dei dati analizzati in appendice I, utile per un confronto tra diversi tipi di nodo di una stessa area metropolitana e tra diverse aree e lo stesso tipo di nodo.

Considerazioni sui risultati ottenuti e conclusioni

Il contributo rappresenta un'analisi degli infortuni sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto - in occasione di lavoro e in itinere - avvenuti nelle Città Metropolitane italiane nel quinquennio 2016-2020.

Considerando le differenze nell'ultimo biennio disponibile, l'anno antecedente e l'anno di inizio della pandemia da SARS-CoV-2, per ciascuna Città Metropolitana sono state riportate le frequenze totali assolute dei casi in itinere e in occasione di lavoro e quelle relative, distinte invece tra le due modalità. In figura 1 il totale dei casi in itinere e in occasione di lavoro è stato rappresentato attraverso le dimensioni del cerchio mentre, le percentuali delle due modalità corrispondono all'ampiezza dei settori, rispettivamente rossi e blu, dei grafici a torta.

Figura 1. Città Metropolitane. Infortuni sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" in itinere e in occasione di lavoro. 2019-2020



Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2020 per il quinquennio 2016-2020 (Rielaborazione Dit Inail. QGIS).

Proseguendo nell'analisi del biennio, dal 2019 al 2020 la gravità media di infortunio è aumentata per le Città Metropolitane di Bari, Cagliari, Messina, Milano, Napoli, Torino e Venezia; diminuita per quelle di Bologna, Catania, Firenze, Palermo e Reggio di Calabria mentre, è rimasta pressoché invariata nelle aree di Genova e Roma (Tabella 1).

Analizzando lo stesso indice con riferimento ai trimestri del quinquennio, gli incrementi più significativi hanno riguardato principalmente il primo e il secondo trimestre 2020. Nel I trimestre 2020 la gravità media rispetto allo stesso periodo del 2019 è aumentata nelle Città Metropolitane di Genova, Milano, Bologna, Firenze, Roma, Messina, Catania e Cagliari; nel II trimestre 2020 la gravità media è aumentata in 13 Città Metropolitane su 14, risultando nella sola area di Cagliari una lieve riduzione rispetto allo stesso trimestre dell'anno precedente; nel III trimestre 2020 a registrare un incremento rispetto al 2019 sono state Torino, Milano, Venezia, Napoli, Bari, Palermo, Catania e Cagliari infine, nel IV trimestre 2020 l'incremento ha riguardato Torino, Napoli, Bari, Reggio di Calabria e Messina. Nella maggior parte delle 14 Città Metropolitane, la gravità media per trimestre è risultata tendenzialmente decrescente fino al 2019. Nel 2020, si è assistito ad una riduzione del livello di esposizione al rischio di infortunio, attribuibile alle restrizioni della circolazione dovute alla pandemia associata però ad un aggravio delle conseguenze incidentali (Tabelle 2 e 3). Quest'ultimo aspetto, che merita di essere approfondito in ulteriori studi, potrebbe essere messo in relazione ai volumi di traffico ridotti e alle velocità delle correnti veicolari più elevate.

L'analisi ANOVA della gravità media riferita alla variabile tempo nei 4 trimestri di ogni anno (within groups) e nei cinque anni (between groups) ha permesso di escludere l'omogeneità (Sig.<0.05 in neretto in Tabella 4) per le aree di Bari, Bologna, Catania, Milano e Roma. In queste ultime nel quinquennio 2016-2020 la gravità di infortunio nei quattro trimestri è risultata variabile tra un trimestre e l'altro.

L'analisi spaziale condotta mediante la tassellatura di Voronoi (Appendice I) ha permesso di indicizzare le frequenze assolute di infortunio rispetto all'estensione stradale di ciascun poligono di Voronoi all'interno di ogni Città Metropolitana. Si può osservare che dal 2019 al 2020

l'indicizzazione ha comportato che le zone con frequenza infortunistica minore siano state estese anche alle aree più esterne, dove è minore il numero dei poligoni e meno densa la rete da essi generata.

In generale, la probabilità del verificarsi di incidenti (infortuni), in prossimità di attraversamenti, stop e intersezioni semaforiche, si riduce in modo coerente con la riduzione [1] delle correnti di traffico veicolare o pedonale. Nel 2020 si è osservata una riduzione delle correnti di traffico determinata dall'entrata in vigore delle norme per il contenimento della pandemia da SARS-CoV-2, che hanno introdotto il lavoro agile (*smart working*) e la chiusura di varie attività produttive (*lockdown*).

Coerentemente, gli indici di infortunio (Appendice II Tabella 1) hanno assunto nel 2019 e nel 2020, rispettivamente i valori riportati tra parentesi:

- **Attraversamenti.** Valori minimi a Reggio di Calabria (193 e 117) e Messina (297 e 219) e massimi a Milano (6.000 e 3.257) e a Roma (4.839 e 2.723);
- **Semafori.** Valori minimi a Messina (7 e 5), Reggio di Calabria (17 e 10) e Catania (20 e 12) e massimi a Roma (1.529 e 860), a Milano (907 e 493) e a Torino (611 e 369);
- **Stop.** Valori minimi a Reggio di Calabria (4 e 3), Bari (138, 96) e Cagliari (139, 71) e massimi a Roma (1.026 e 577), Torino (921 e 557) e a Milano (880 e 477).

Gli scostamenti di I_v tra il 2019 e 2020, hanno assunto i valori riportati nella Tabella 2 dell'Appendice II. Complessivamente, nei 76.278 attraversamenti, gli indici di infortunio I_v sono passati da 25.144 a 14.850; in corrispondenza degli 11.303 semafori da 4.681 a 2.755 e infine nei 10.116 stop, da 5.552 a 3.328. Le differenze più rilevanti hanno riguardato pertanto gli attraversamenti e i semafori seguiti dagli stop. Il modello applicato, pur non rispecchiando puntualmente il dato infortunistico reale di ogni Città Metropolitana, ha permesso di analizzare il fenomeno infortunistico rispetto all'estensione stradale e alla superficie di ogni area di influenza di ciascun nodo. È stata fornita così una rilettura degli infortuni sul lavoro con coinvolgimento di mezzo di trasporto, riferita alle aree di influenza degli attraversamenti, semafori e stop nel quinquennio 2016-2020 e nel biennio 2019-2020, dove alle condizioni di traffico ordinarie si sono succedute quelle eccezionali, legate alle misure di contenimento della pandemia.

Riferimenti

[1] Ferrari, P., Giannini, F. Ingegneria stradale. Vol. 1: Geometria e progetto di strade, seconda edizione. Torino: ISEDI. 1987 [1977]. IL149997

Ringraziamenti

Si ringraziano i Colleghi della Consulenza statistica attuariale dell'Inail per la verifica di congruenza della sintesi, tratta dagli Open data Inail, utilizzata nell'analisi.

Capitolo II

APPENDICE I

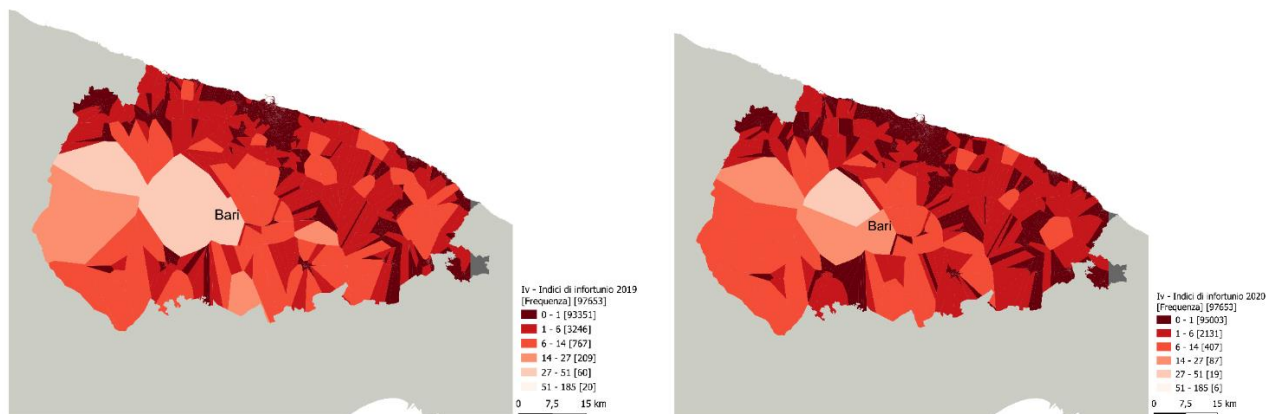
Città Metropolitane: analisi territoriale degli indici di Infortunio sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto riferiti alle aree di influenza generate dai nodi.

A cura di: Antonella Pireddu

INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro - Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti ed insediamenti antropici

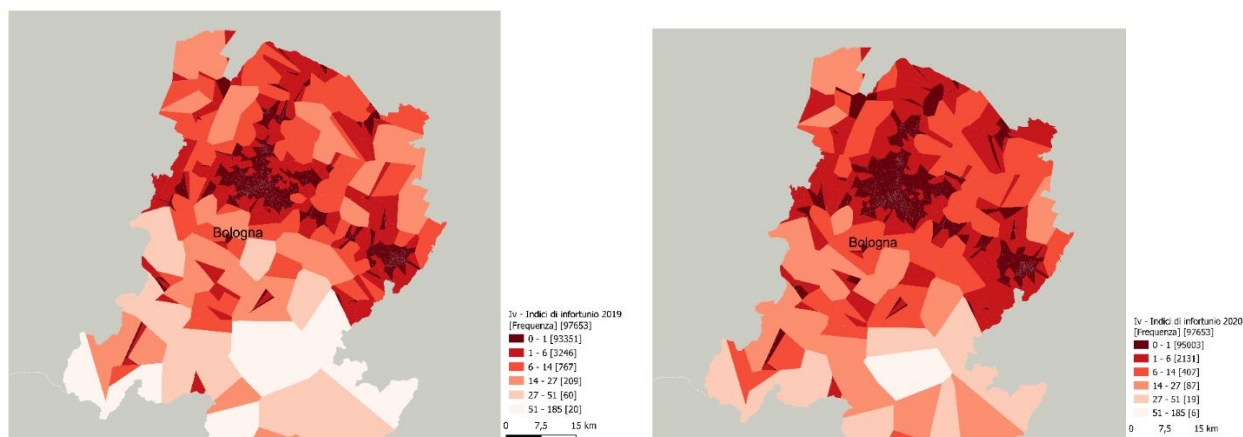
L'appendice riporta, per ogni Città Metropolitana l'indice di infortunio sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto (Iv) nelle aree di influenza generate dalla totalità dei nodi presenti nelle stesse e un confronto tra gli stessi indici riferiti al 2019 e al 2020.

Città Metropolitana di Bari. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



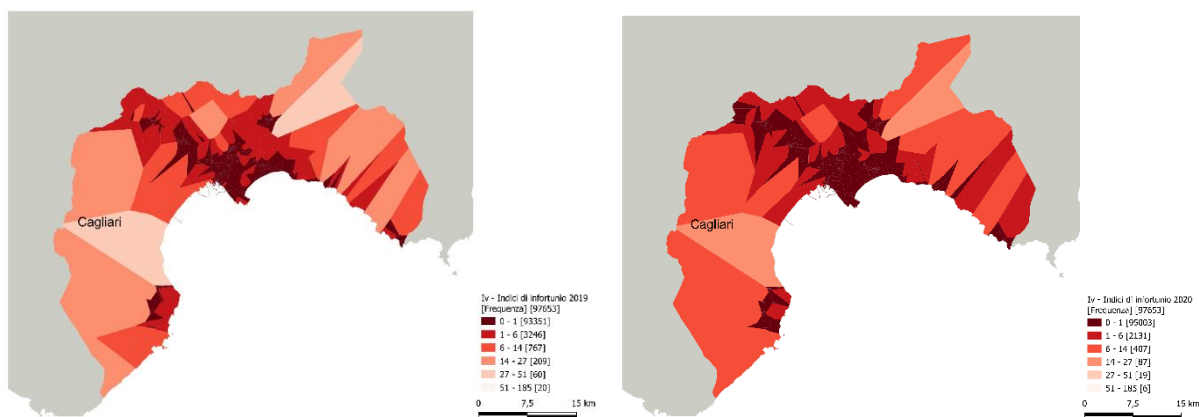
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Bologna. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



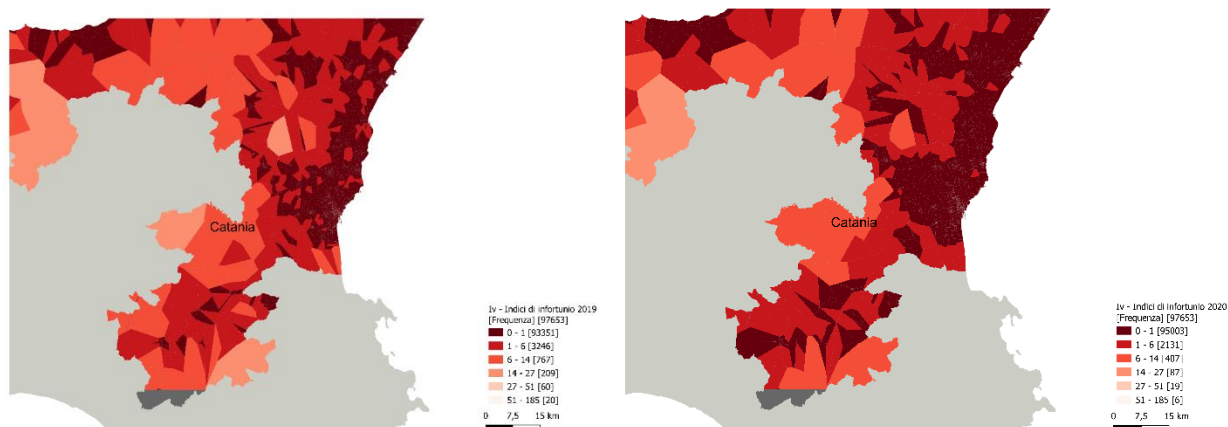
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Cagliari. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



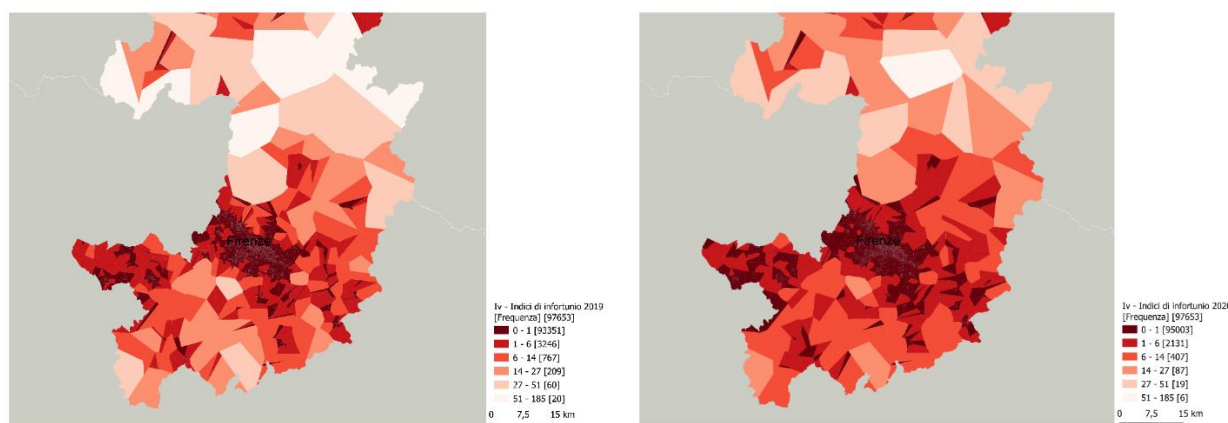
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Catania. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



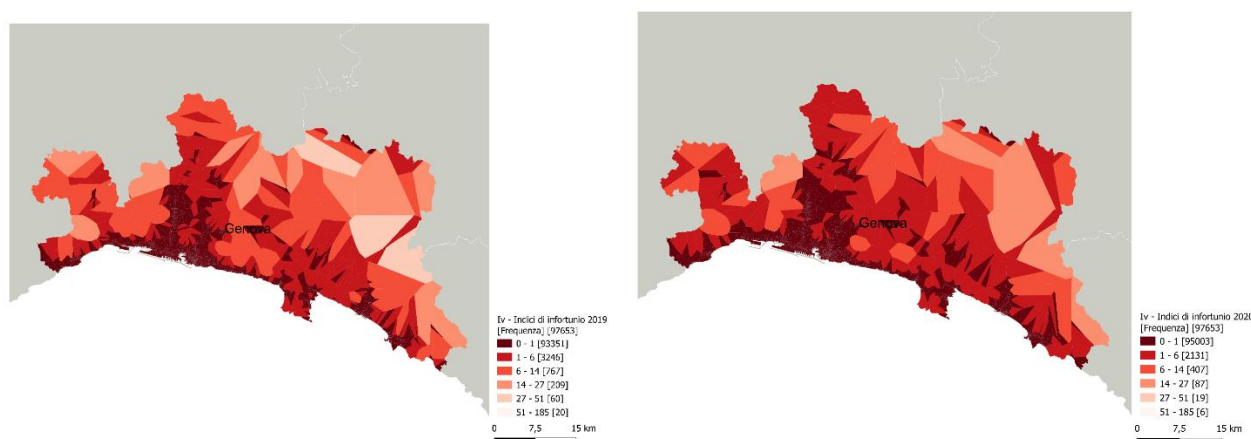
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Firenze. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



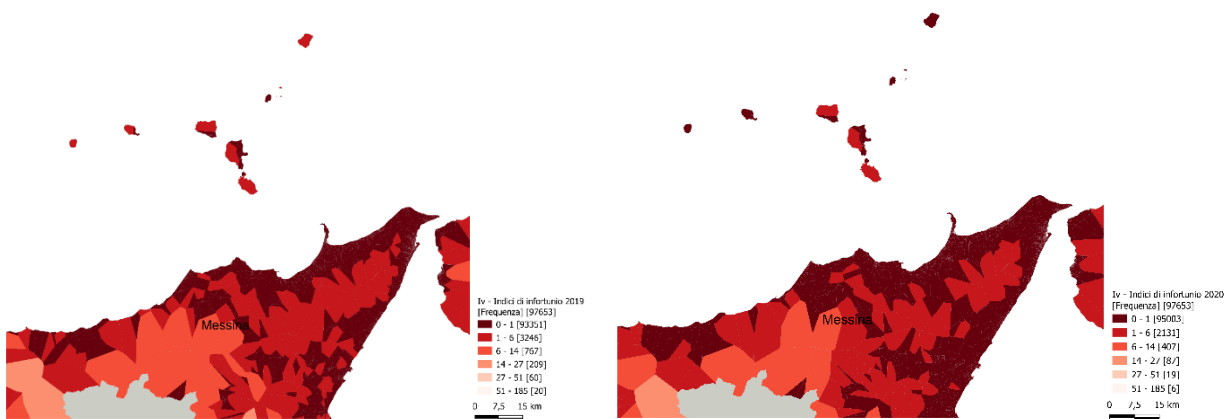
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Genova. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



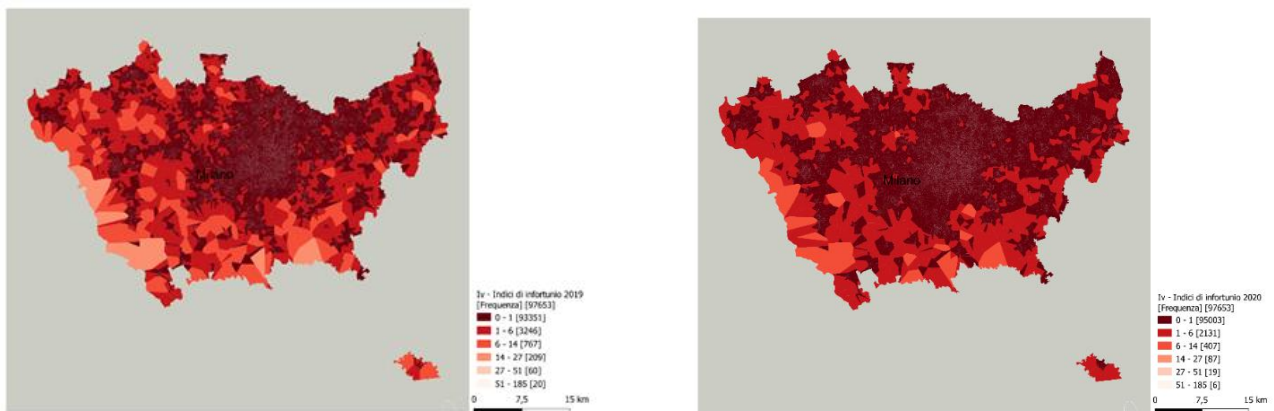
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Messina. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



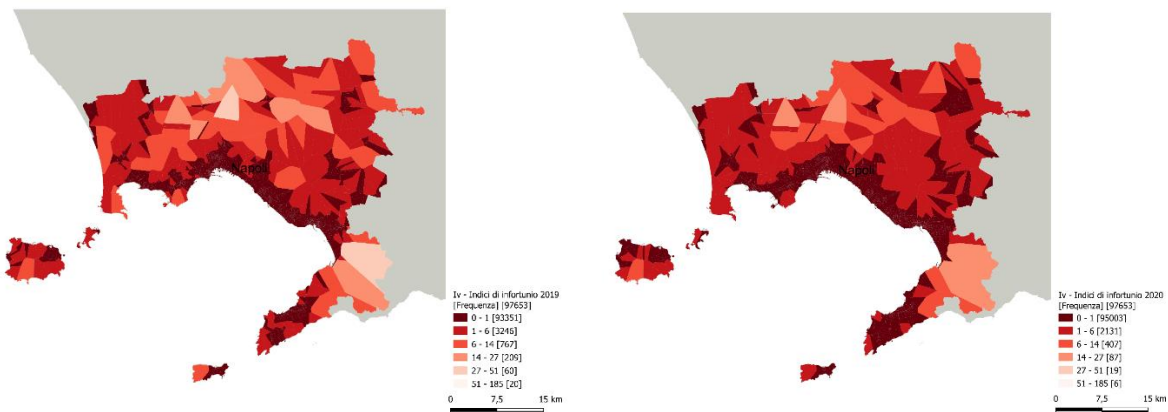
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Milano. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



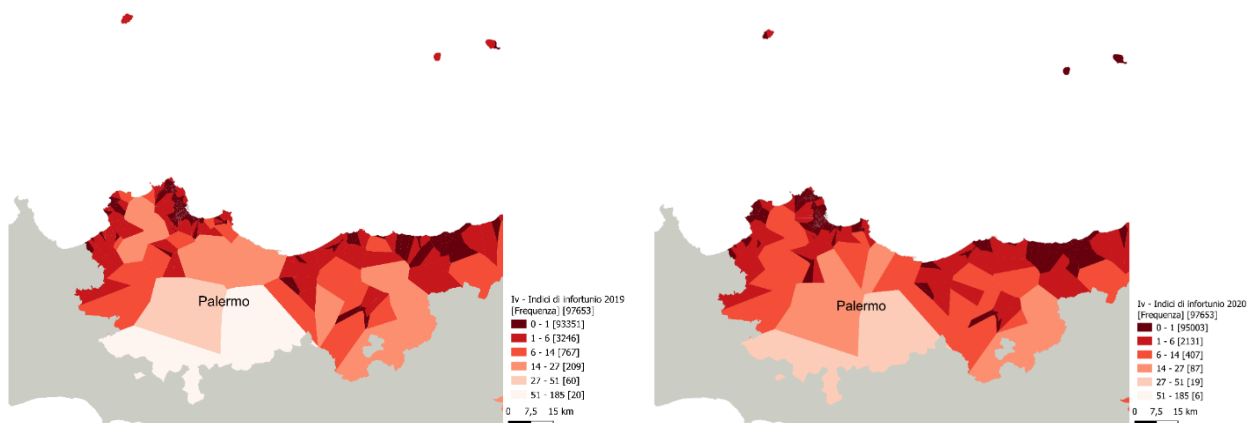
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Napoli. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



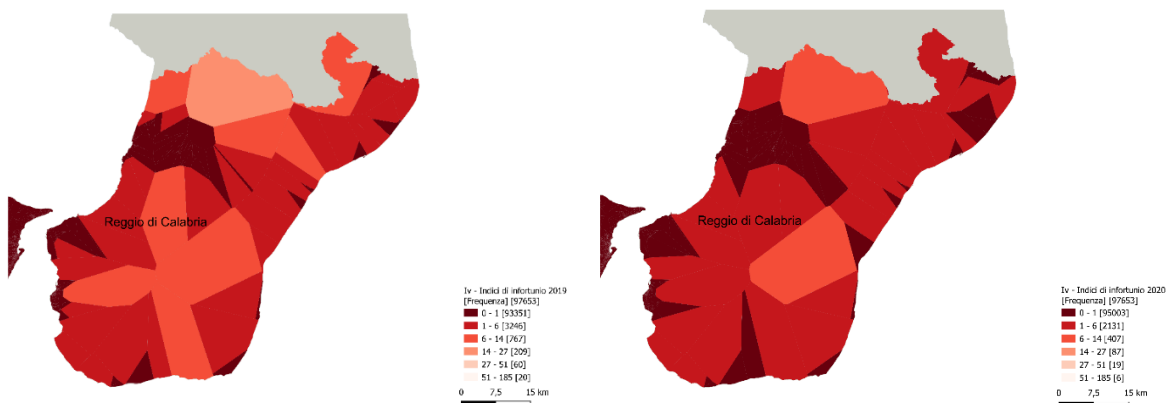
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Palermo. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



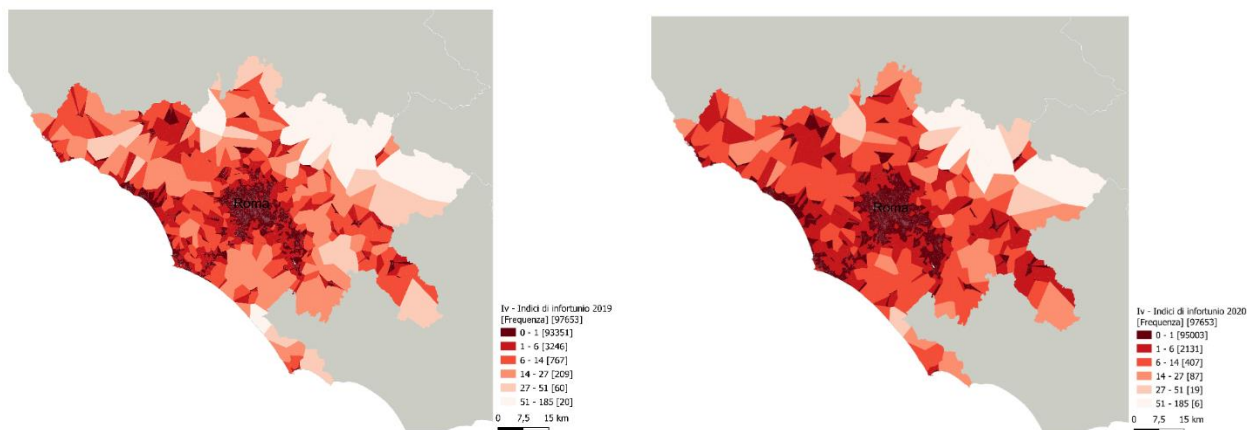
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Reggio di Calabria. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



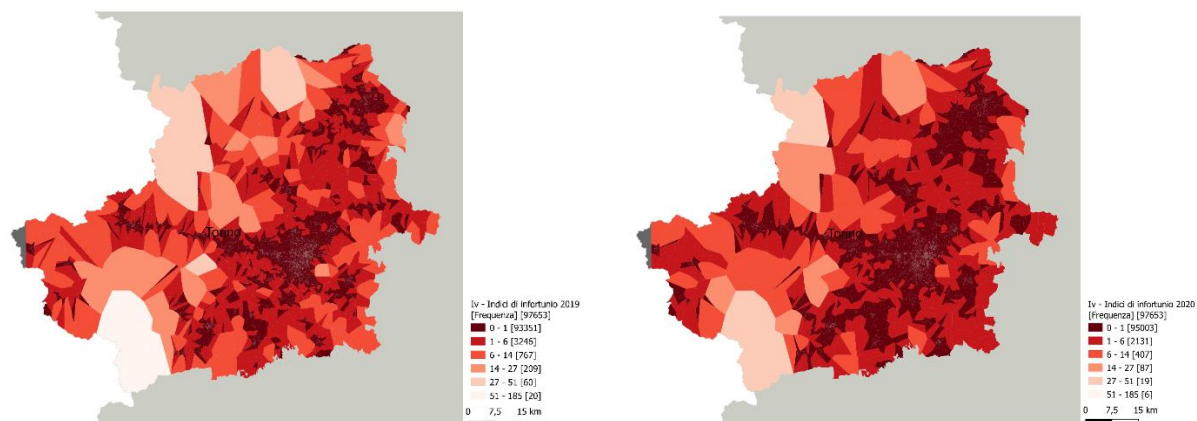
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Roma. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



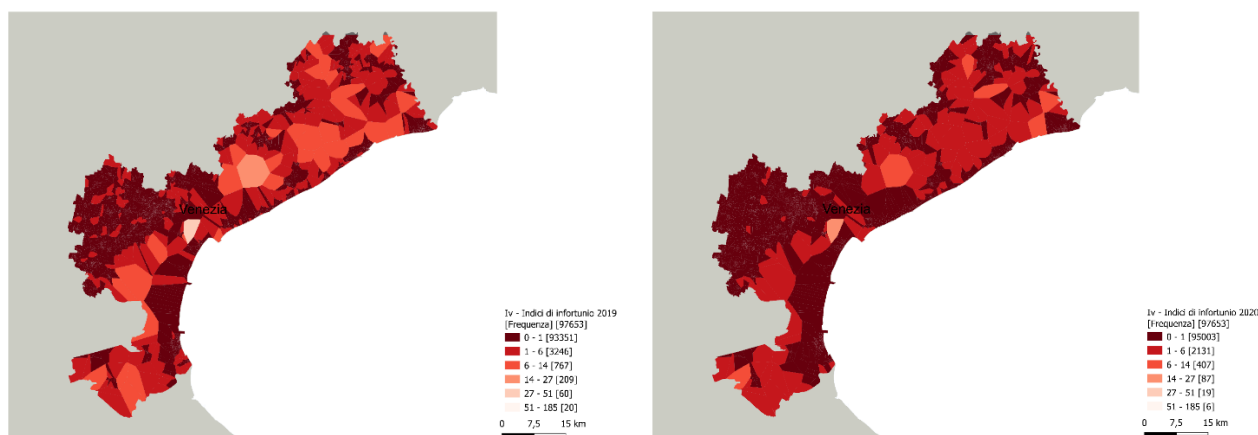
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Torino. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Città Metropolitana di Venezia. Indici di Infortunio sul lavoro "con mezzo di trasporto coinvolto" (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti, semafori e stop. Periodo di riferimento 2019 (sinistra) e 2020 (destra).



Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

Capitolo II

APPENDICE II

Città Metropolitane: Analisi degli indici di Infortunio sul lavoro “con mezzo di trasporto coinvolto” riferiti ai nodi della rete stradale

A cura di: Antonella Pireddu

INAIL - Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro - Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti ed insediamenti antropici

L'appendice riporta per ognuna delle 14 Città Metropolitane italiane, gli indici di infortunio riferiti alle aree di influenza generate dai nodi in esse presenti, distinti per attraversamenti, semafori e stop. Per gli stessi nodi e relative aree di influenza $V(p)$, è stato riportato lo scostamento 2019 – 2020.

Città Metropolitane. “Indici di Infortunio sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto⁵” (Iv) nelle aree di influenza generate dai nodi.

Tabella 1. Indice di infortunio Iv nelle aree di influenza di attraversamenti, semafori e stop. Valori assoluti. Città Metropolitane. 2019-2020

CITTA' METROPOLITANA	Iv - 2019				Iv - 2020			
	Attraversamento	Semaforo	Stop	Totale	Attraversamento	Semaforo	Stop	Totale
Totale	25.144	4.681	5.552	35.376	14.850	2.755	3.328	20.934
Totale %	71,08%	13,23%	15,69%	100,00%	70,94%	13,16%	15,90%	100,00%
Bari	1.086	245	138	1.469	756	171	96	1.023
Bologna	2.134	573	172	2.879	1.356	364	109	1.829
Cagliari	575	86	139	799	293	44	71	407
Catania	538	20	476	1.033	319	12	282	613
Firenze	2.412	242	338	2.992	1.364	137	191	1.692
Genova	1.440	98	317	1.855	944	64	208	1.216
Messina	297	7	176	480	219	5	130	354
Milano	6.000	907	880	7.787	3.257	493	477	4.227
Napoli	991	145	221	1.357	632	92	141	866
Palermo	496	94	266	856	364	69	195	628
Reggio di Calabria	193	17	4	214	117	10	3	130
Roma	4.839	1.529	1.026	7.394	2.723	860	577	4.161
Torino	2.791	611	921	4.323	1.685	369	557	2.611
Venezia	1.351	108	479	1.938	821	66	291	1.177

Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per il biennio 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

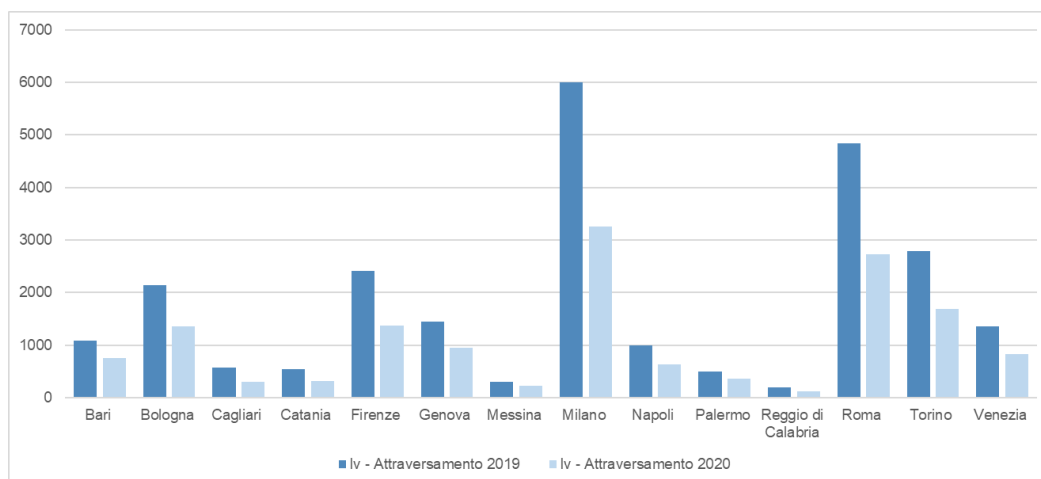
Tabella 2. Indice di infortunio Iv nelle aree di influenza di attraversamenti, semafori e stop. Percentuali. Città Metropolitane. 2019-2020

CITTA' METROPOLITANA	Iv - 2019				Iv - 2020			
	Attraversamento	Semaforo	Stop	Totale	Attraversamento	Semaforo	Stop	Totale
Totale	71,08%	13,23%	15,69%	100,00%	70,94%	13,16%	15,90%	100,00%
Bari	4,32%	5,24%	2,48%	4,15%	5,09%	6,21%	2,88%	4,89%
Bologna	8,49%	12,24 %	3,09%	8,14%	9,13%	13,22%	3,28%	8,74%
Cagliari	2,29%	1,83%	2,50%	2,26%	1,97%	1,58%	2,12%	1,94%
Catania	2,14%	0,43%	8,57%	2,92%	2,15%	0,43%	8,48%	2,93%
Firenze	9,59%	5,17%	6,09%	8,46%	9,19%	4,96%	5,74%	8,08%
Genova	5,73%	2,08%	5,72%	5,24%	6,35%	2,32%	6,25%	5,81%
Messina	1,18%	0,14%	3,17%	1,36%	1,48%	0,18%	3,91%	1,69%
Milano	23,86%	19,38 %	15,84%	22,01%	21,93%	17,91%	14,34%	20,19%
Napoli	3,94%	3,09%	3,98%	3,84%	4,26%	3,35%	4,24%	4,13%
Palermo	1,97%	2,01%	4,79%	2,42%	2,45%	2,50%	5,87%	3,00%
Reggio di Calabria	0,77%	0,36%	0,08%	0,60%	0,79%	0,37%	0,08%	0,62%
Roma	19,24%	32,66 %	18,48%	20,90%	18,34%	31,22%	17,35%	19,87%
Torino	11,10%	13,05 %	16,58%	12,22%	11,35%	13,38%	16,73%	12,47%
Venezia	5,37%	2,31%	8,63%	5,48%	5,53%	2,38%	8,74%	5,62%

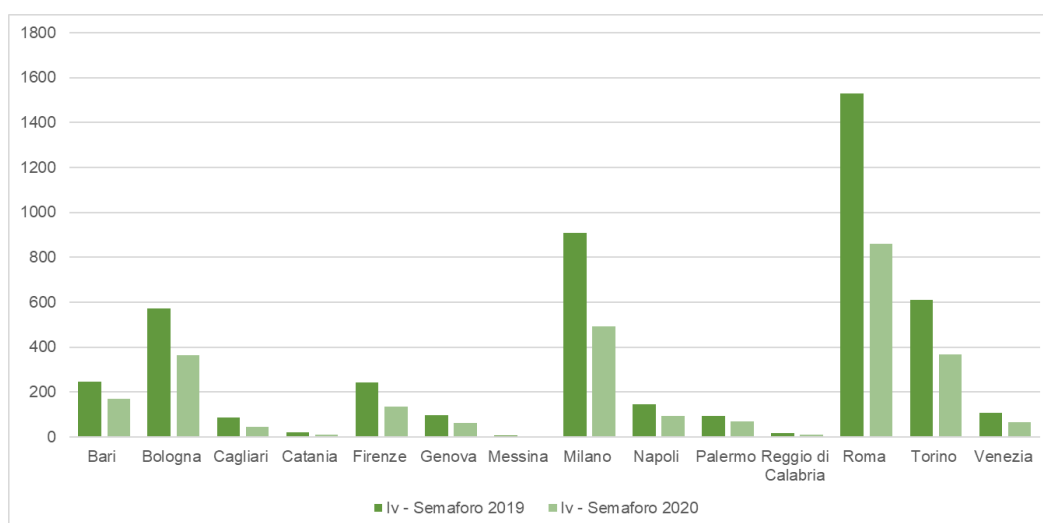
Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per il biennio 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)

⁵ Il dato totale ottenuto con la poligonazione, si discosta dai risultati aggregati riportati a pagina 6, di 44 unità per il 2019 e di 14 per il 2020.

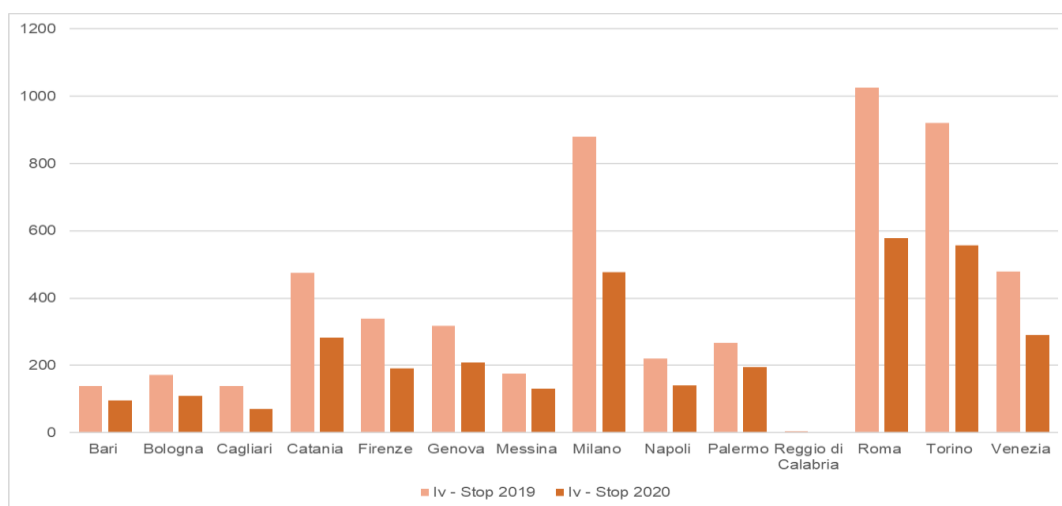
Figura 1 - “Indici di Infortunio sul lavoro con mezzo di trasporto coinvolto” (Iv) nelle aree di influenza generate da attraversamenti (a), semafori (b) e stop (c). Città Metropolitane. 2019 - 2020.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Inail - Open data mensili rilevati al 31/08/2021 per il 2019-2020 - Openstreetmap traffic/roads- QGIS. (Rielaborazione Dit Inail)