

Università degli Studi di Padova  
Dipartimento di Scienze Statistiche  
Corso di Laurea Magistrale in  
Scienze Statistiche



**Micromobilità condivisa nella città metropolitana di Venezia:  
i dati di RideMovi per analizzare l'utilizzo di bikesharing**

Relatore:

Prof. Stefano Mazzuco

Candidato:

Samuele Paoli  
Matricola N. 2061982

Anno Accademico 2023/2024

# Abstract

---

In un contesto di ampia diffusione del concetto di sharing economy che sempre più di frequente trova applicazione nel settore della mobilità, anche il Comune di Venezia ha adottato il sistema di bikesharing come servizio di mobilità rivolto a cittadini e turisti. Questo modello economico, basato sulla condivisione di beni e servizi resa possibile dalle tecnologie digitali, si presenta come una risposta efficace a diversi aspetti, quale la crescente urbanizzazione, il traffico urbano e le preoccupazioni ambientali, promuovendo una mobilità sostenibile ed efficiente.

Questo studio analizza l'utilizzo del servizio di bikesharing nella terraferma veneziana utilizzando i dati, relativi al periodo agosto 2022-agosto 2023, forniti dall'azienda RideMovi, presente con la sua flotta nel Comune di Venezia, combinati con altri dati scaricati (dati meteorologici, ripartizione geografica del territorio) o appositamente calcolati. L'obiettivo principale è studiare le dinamiche e i pattern di utilizzo delle biciclette condivise, considerando variabili quali le condizioni meteorologiche, gli orari, i giorni della settimana e i punti di partenza e arrivo delle corse. L'analisi, realizzata tramite l'uso combinato dei software RStudio e Python, si concentra sull'identificazione delle caratteristiche principali delle corse effettuate e sulla valutazione dell'influenza delle variabili climatiche.

I principali risultati dell'analisi mostrano una relazione significativa tra l'utilizzo delle biciclette e le condizioni meteorologiche, con una maggiore influenza delle temperature rispetto alle precipitazioni, che, invece, hanno un impatto più immediato ma meno consistente sul lungo termine. Inoltre, l'analisi dei pattern temporali e spaziali rivela che il bikesharing è maggiormente utilizzato durante i giorni lavorativi, con picchi nei tradizionali orari di inizio e fine delle attività lavorative e scolastiche. È emersa, inoltre, una concentrazione delle corse su specifici tragitti, con alcune tratte nettamente più percorse rispetto ad altre. Nodo fondamentale per il bike sharing a Mestre è, per esempio, la stazione ferroviaria, il che può far pensare a un uso significativo del servizio da parte di pendolari, studenti e lavoratori.

Tale lavoro può costituire una base solida per il Comune di Venezia per ottimizzare il servizio di bikesharing ad oggi offerto, tenendo conto dei comportamenti attuali degli utenti e delle necessità future di mobilità sostenibile. Questi risultati possono guidare le politiche urbane verso la creazione di una rete di mobilità più efficiente, capillare e attenta alle esigenze degli utenti.

# Introduzione

---

La città di Mestre è una delle numerose realtà a livello nazionale e internazionale che ha adottato il sistema di bikesharing (o condivisione di biciclette) quale servizio di mobilità rivolto a cittadini e turisti. Il bikesharing rientra tra le varie declinazioni di quella che è definita sharing economy, ovvero un modello economico basato sul concetto di condivisione di beni e servizi, resa possibile grazie alle tecnologie informatiche. Uno dei settori in cui è già molto diffusa l'idea di "condivisione" è proprio quello della mobilità e, tra le varie classificazioni presenti in letteratura, l'Osservatorio Nazionale di Sharing Mobility riconosce tra i servizi di vehicle sharing quello di condivisione di biciclette. Si tratta di un fenomeno che negli ultimi anni ha preso notevolmente piede per diverse motivazioni, che spaziano dalla crescente urbanizzazione e aumento del traffico nelle città, a una crescente attenzione verso tematiche legate alla sostenibilità ambientale.

Il presente elaborato si focalizza proprio su tale servizio diffuso sulla terraferma del Comune di Venezia, suddiviso in sei municipalità differenti e facente parte della città metropolitana di Venezia. I dati analizzati, raccolti tra agosto 2022 e agosto 2023, riguardano i percorsi effettuati dagli utenti tramite le biciclette in condivisione della flotta RideMovi, un importante player del settore operante a livello nazionale ed europeo. Tale analisi, richiesta dal Comune di Venezia, ha l'obiettivo di andare a studiare l'utilizzo del servizio di biciclette in condivisione nel territorio di Mestre e altre località vicine sulla terraferma, in termini di dinamiche e pattern di utilizzo dei mezzi nei vari percorsi, considerando le influenze delle condizioni meteorologiche (precipitazioni e temperatura) e di altri fattori quali orario, giorno della settimana, apertura delle istituzioni scolastiche e accademiche, e punto di arrivo e di partenza. Più in dettaglio si cercherà di trovare risposta alla seguente domanda: quali sono le caratteristiche principali delle corse effettuate con il bike sharing nella terraferma anche in relazione alle condizioni meteorologiche? Il risultato di tale lavoro sarà fonte di riflessione per il Comune di Venezia, in quanto sulla base dei risultati emersi potrà comprendere come implementare al meglio il servizio di bike sharing per soddisfare le esigenze degli utenti.

Il primo capitolo offre una panoramica del contesto di riferimento, con cenni sulla storia di Mestre e sulla diffusione della sharing economy, un concetto oggi ampiamente utilizzato. Viene poi introdotto il concetto di mobilità condivisa, con un focus particolare sul bike sharing in termini di definizioni e dati relativi alla sua diffusione a livello globale e nazionale. Si conclude con una breve descrizione dell'azienda RideMovi.

Il secondo capitolo, dedicato ai dati, alle metodologie e alle prime analisi: viene descritta la

raccolta dei dati provenienti da RideMovi e la combinazione di questi con altri dati, quali quelli legati alle condizioni meteorologiche del periodo considerato, facendo web scraping grazie all'utilizzo di Python insieme a librerie come *BeautifulSoup* e *Scrapy*, e alla ripartizione geografica del contesto oggetto dell'analisi. Si affrontano le problematiche riscontrate durante la raccolta dei dati e si discute delle metodologie statistiche utilizzate nell'analisi, inclusa l'analisi di clustering e il modello di regressione binomiale negativo, con successive modifiche. Vengono presentate le prime osservazioni sui dati raccolti e analizzate le influenze delle condizioni meteorologiche sull'utilizzo delle biciclette.

Il terzo capitolo si concentra, invece, sull'analisi dei cluster e sulla modellistica: inizialmente viene descritto il procedimento dell'analisi dei cluster di natura agglomerativa con il metodo di *complete linkage* e presentati i risultati ottenuti, includendo rappresentazioni grafiche per visualizzare i pattern di utilizzo delle biciclette. Successivamente, si introduce la modellistica utilizzando il modello binomiale negativo, per poi successivamente migliorarlo utilizzando delle splines di regressione e inserendo degli effetti casuali, mostrando i risultati e interpretando i coefficienti per comprendere l'influenza delle diverse variabili sui flussi di biciclette.

Il quarto capitolo è dedicato alla discussione dei risultati attraverso un'analisi e una spiegazione approfondita dei risultati ottenuti, discutendo i limiti della ricerca e proponendo possibili idee per future indagini e miglioramenti del servizio di bikesharing.

La tesi si conclude con una sintesi delle principali scoperte e implicazioni pratiche dell'analisi, suggerendo possibili miglioramenti per il servizio di bikesharing e direzioni future per la ricerca.

# Contenuti

---

<b>Introduzione</b>	<b>ii</b>
<b>1 Il contesto di riferimento: cenni sulla storia di Mestre e sulla mobilità condivisa</b>	<b>1</b>
1.1 Il contesto geografico di riferimento . . . . .	1
1.2 Cenni storici . . . . .	3
1.3 Il nuovo modello dell'economia condivisa . . . . .	7
1.3.1 Sharing Mobility: qualche definizione . . . . .	9
1.3.2 Il bikesharing in Italia e nel mondo . . . . .	13
1.3.3 Ride Movi - Il servizio bikesharing a Mestre . . . . .	17
<b>2 Dati, metodologie e prime analisi</b>	<b>20</b>
2.1 Raccolta dati . . . . .	20
2.1.1 RideMovi . . . . .	21
2.1.2 Meteo . . . . .	22
2.1.3 Ripartizione geografica . . . . .	22
2.1.4 Problematiche . . . . .	23
2.2 Metodologie . . . . .	24
2.2.1 Analisi statistiche . . . . .	25
2.2.2 Clustering . . . . .	27
2.3 Prime analisi . . . . .	28
2.4 Meteo . . . . .	33
2.4.1 Correlazioni . . . . .	35
2.5 Conclusioni . . . . .	36
<b>3 Cluster Analysis e modellistica</b>	<b>38</b>
3.1 Cluster Analysis . . . . .	38
3.1.1 Rappresentazioni grafiche . . . . .	42
3.2 Modellistica . . . . .	56
3.2.1 Modello binomiale negativo . . . . .	56
3.2.2 Modello binomiale negativo con splines di regressione . . . . .	60
3.2.3 Modello binomiale negativo con splines di regressione ed effetti casuali . . . . .	63
3.3 Conclusioni . . . . .	67
<b>4 Discussione</b>	<b>70</b>
4.1 Risultati . . . . .	70
4.2 Limiti della ricerca . . . . .	71
4.3 Discussioni . . . . .	71
<b>Conclusioni</b>	<b>76</b>
<b>Bibliography</b>	<b>76</b>

# Lista delle figure

---

1.1	Mappa delle municipalità del Comune di Venezia. Fonte: <a href="https://www.comune.venezia.it/">https://www.comune.venezia.it/</a> . . . . .	2
1.2	Estensione Città Metropolitana di Venezia. Fonte: <a href="https://www.metropolitano.it/wp-content/uploads/2019/07/webmapp-foto-2-ambiente.png">https://www.metropolitano.it/wp-content/uploads/2019/07/webmapp-foto-2-ambiente.png</a> . . . . .	3
1.3	Classificazione della mobilità condivisa terrestre. Fonte:[5]. . . . .	12
1.4	Incidenti per 100.000 noleggi negli anni 2022 e 2023. Dati presi da [5]. . . . .	15
1.5	Incidenti per 100.000 km negli anni 2022 e 2023. Dati presi da [5]. . . . .	16
1.6	Città attive in Europa con i servizi offerti da RideMovi. Fonte: <a href="https://www.ridemovi.com/it/">https://www.ridemovi.com/it/</a> . . . . .	18
1.7	Area Operativa del Servizio RideMovi nella città di Venezia. Fonte: <a href="https://www.comune.venezia.it/sites/comune.venezia.it/files/immagini/MobilityManager/mappaBKSH_2022.pdf">https://www.comune.venezia.it/sites/comune.venezia.it/files/immagini/MobilityManager/mappaBKSH_2022.pdf</a> . . . . .	19
2.1	Numero medio di corse per giorno della settimana. . . . .	28
2.2	Numero di corse per i mesi dell'anno. . . . .	29
2.3	Numero medio di corse per gli orari del giorno. . . . .	31
2.4	Numero di viaggi effettuati per mese, per ora, per giorno. I dati partono da agosto 2022 ad agosto 2023. La scala dei colori è in decili. . . . .	32
2.5	Serie temporale del numero di viaggi al giorno (in verde chiaro), includendo una media mobile di 7 giorni (in blu), con la temperatura (in verde scuro). La linea temporale parte da agosto 2022 fino ad agosto 2023. . . . .	34
2.6	Serie temporale del numero di viaggi al giorno (in verde chiaro), includendo una media mobile di 7 giorni (in blu), con precipitazioni (in verde scuro). La linea temporale parte da agosto 2022 fino ad agosto 2023. . . . .	35
2.7	Correlazione di Spearman tra il numero di corse, la temperatura media, le probabili precipitazioni e l'apertura delle istituzioni educative (comprese le sessioni d'esame). La temperatura e l'apertura dell'università hanno una correlazione positiva con il numero di corse, il che non avviene per la pioggia. . . . .	36
3.1	Dendrogramma del clustering gerarchico con la divisione in rosso dei vari cluster. . . . .	39
3.2	Clustering dei punti di partenza delle bici a Mestre. . . . .	40
3.3	Differenze nei tragitti tra biciclette elettriche e tradizionali. Ordinati dal più comune al meno: verde chiaro (1), verde scuro (2), blu scuro (3) e blu chiaro (4). . . . .	42
3.4	Percorsi più frequenti basati su destinazione-arrivo. . . . .	43
3.5	Percorsi più frequenti di lunedì. . . . .	45
3.6	Percorsi più frequenti di martedì. . . . .	45
3.7	Percorsi più frequenti di mercoledì. . . . .	46
3.8	Percorsi più frequenti di giovedì. . . . .	46
3.9	Percorsi più frequenti di venerdì. . . . .	47
3.10	Percorsi più frequenti di sabato. . . . .	47
3.11	Percorsi più frequenti di domenica. . . . .	48

3.12 Percorsi più frequenti in inverno. . . . .	49
3.13 Percorsi più frequenti in primavera. . . . .	49
3.14 Percorsi più frequenti in estate. . . . .	50
3.15 Percorsi più frequenti in autunno. . . . .	50
3.16 Percorsi più frequenti di mattina. . . . .	52
3.17 Percorsi più frequenti di pomeriggio. . . . .	52
3.18 Percorsi più frequenti di sera. . . . .	53
3.19 Percorsi più frequenti in autunno. . . . .	53
3.20 Percorsi più frequenti quando le istituzioni scolastiche e accademiche sono aperte. . . . .	55
3.21 Percorsi più frequenti quando le istituzioni scolastiche e accademiche sono chiuse. . . . .	55
3.22 Corse previste dal modello per i giorni dell'anno. . . . .	60
3.23 Corse previste dal modello per l'ora del giorno. . . . .	61
3.24 Corse previste dal modello per la temperatura. . . . .	62
3.25 Corse previste dal modello per i giorni dell'anno. . . . .	64
3.26 Corse previste dal modello per l'orario del giorno. . . . .	64
3.27 Corse previste dal modello per la temperatura. . . . .	65

## CAPITOLO 1

# Il contesto di riferimento: cenni sulla storia di Mestre e sulla mobilità condivisa

---

*Nel presente capitolo si presenta inizialmente il contesto geografico di riferimento sul quale sono state condotte le analisi che verranno presentate nelle pagine seguenti; successivamente viene spiegato il concetto di “mobilità condivisa” come modello innovativo di trasporto che sta prendendo sempre più piede in diversi paesi e città nel mondo, che tra le sue varie declinazioni include il servizio di condivisione di biciclette.*

### 1.1 Il contesto geografico di riferimento

Mestre è la frazione più abitata del Comune di Venezia, di cui ne fa parte dal 1926, ed è il principale centro della terraferma veneziana, nonché una delle municipalità che compongono la Città Metropolitana di Venezia.

Il Comune di Venezia, insieme ad altri 43 Comuni limitrofi, fa parte, infatti, della Città Metropolitana di Venezia, un ente riconosciuto dalla Costituzione Italiana come soggetto di vasta estensione che, grazie ai suoi organi, persegue finalità istituzionali generali quali la cura e lo sviluppo strategico del territorio; la promozione e la gestione integrata di servizi, infrastrutture, reti di comunicazione; la cura delle relazioni istituzionali.

Il Comune di Venezia è organizzato a sua volta in municipalità istituite con l’obiettivo di “rappresentare le rispettive comunità, curarne gli interessi e promuoverne lo sviluppo nell’ambito dell’unità del Comune e nella prospettiva della Città Metropolitana. Competono alla Municipalità le funzioni amministrative del Comune da individuare nella piena esplicazione, sul piano locale, dei principi di differenziazione ed adeguatezza, propri della sussidiarietà” (Statuto del Comune di Venezia). Le 6 municipalità esistenti, riportate nella mappa sottostante con il rispettivo numero, sono <sup>1</sup>:

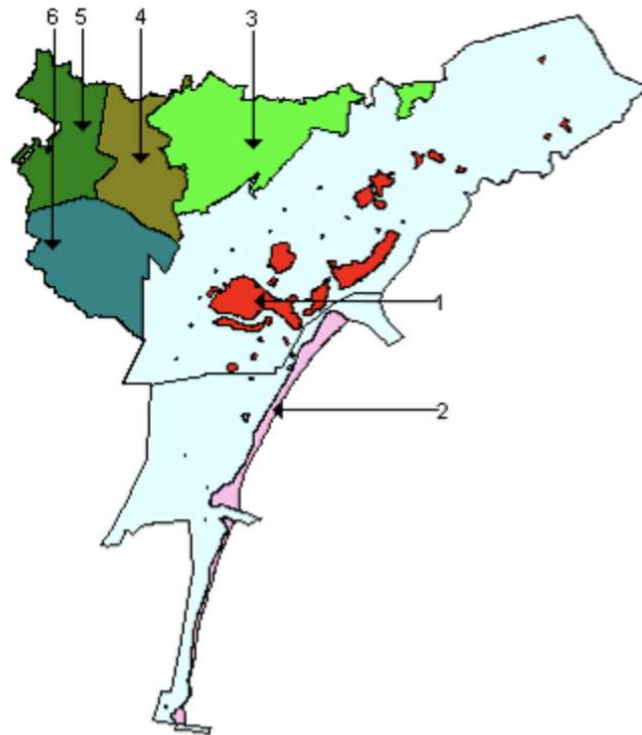
1. Venezia Murano Burano: estesa nella Venezia insulare, include la Città Antica di Venezia e il comprensorio insulare della Laguna Nord (circa 211,4 km<sup>2</sup>);
2. Lido Pellestrina: che include l’intero territorio delle due isole (circa 72,9 km<sup>2</sup>);

---

<sup>1</sup>la superficie indicata include anche le acque della laguna; fonte [https://www.comune.venezia.it/sites/comune.venezia.it/files/immagini/statistica/tabella\\_superfici\\_agg2020.pdf](https://www.comune.venezia.it/sites/comune.venezia.it/files/immagini/statistica/tabella_superfici_agg2020.pdf)



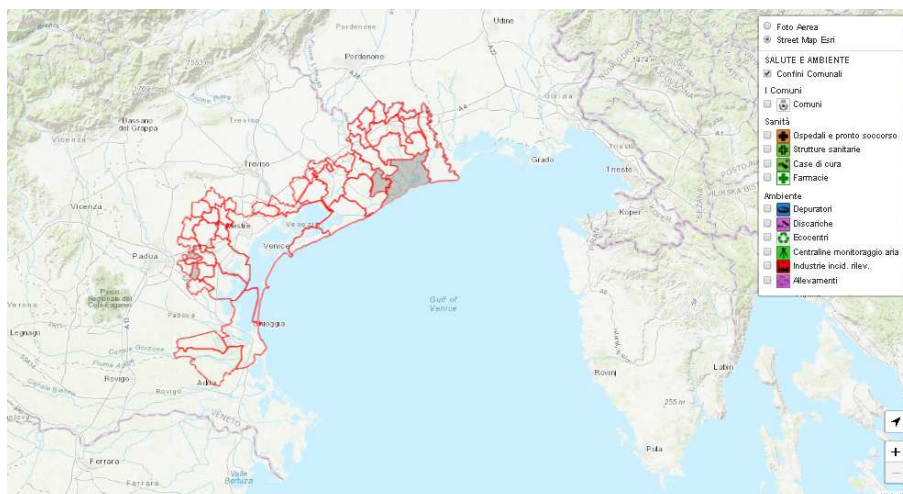
3. Favaro Veneto, estesa nella porzione nord orientale della terraferma (circa 44,7 km<sup>2</sup>);
4. Mestre Carpenedo: comprende la parte centrale della terraferma (circa 24,2 km<sup>2</sup>);
5. Chirignago Zelarino: estesa nella parte occidentale della terraferma (circa 26,1 km<sup>2</sup>);
6. Marghera: estesa nella porzione meridionale della terraferma (circa 35,1 km<sup>2</sup>).



**Figura 1.1:** Mappa delle municipalità del Comune di Venezia. Fonte: <https://www.comune.venezia.it/>

Il presente elaborato si concentrerà particolarmente sui dati forniti dall'azienda Ride Movi all'interno della Municipalità di Mestre-Carpanedo, che a sua volta è suddivisa in 7 delegazioni di zona: Mestre Centro, Piave-Piraghetto-Rione Sabbioni, Mestre Est, XXV Aprile, Bissuola, Carpanedo, Terraglio-Borgoforte. Al 31/12/2022 la municipalità di Mestre-Carpanedo è la più popolosa e la più densamente abitata dell'intero territorio comunale di Venezia, con 87.036 abitanti (3.592 abitanti per km<sup>2</sup>) [3].

Tale scelta verrà spiegata in dettaglio nel capitolo successivo, quando si presenterà la metodologia d'analisi utilizzata.



**Figura 1.2:** Estensione Città Metropolitana di Venezia. Fonte: <https://www.metropolitano.it/wp-content/uploads/2019/07/webmapp-foto-2-ambiente.png>

## 1.2 Cenni storici

*Il presente e il futuro di Mestre senza dubbio risentono e risentiranno della sua storia alquanto particolare, di cui si riporta di seguito un breve excursus che si ritiene possa tornare interessante e utile per inquadrare il contesto di riferimento su cui verrà effettuato lo studio.*

Le origini di Mestre sono piuttosto ignote e i pochi documenti disponibili risalgono solamente ai primi anni del 1600. Secondo la leggenda tramandata da Bonaventura Barcella, il segretario dell'Archivio Comunale del XIX secolo, Mestre ha origini leggendarie collegate ad Antenore, eroe in fuga da Troia, capostipite dei veneti nonché fondatore della città di Padova. Questi aveva al seguito un certo Mesthle, figlio del re di Meonia Talemene, che decise di stabilirsi nella Selva Fetontea, una località boscosa nei pressi della Laguna Veneta, dove fondò una città fortificata, chiamata Mestre dal suo nome (Pieghevole Informativo, Torre Civica di Mestre). Un'altra teoria ipotizza che il nome Mestre possa derivare dalla "Gens Mestria", una famiglia molto diffusa in Romagna durante l'era romana che può aver lasciato frammenti di reperti con bolli in cui era incisa la dizione "*MESTRO, C.MESTRORUM, P.MESTRI*", ritrovati in musei locali. Tuttavia, a causa della scarsità di reperti e informazioni in merito, la vera origine di Mestre resta incerta, seppur è teoria condivisa che abbia radici paleovenete [20].

Dell'epoca romana sono stati trovati pochissimi reperti nella zona (qualche moneta, anfore, tracce di basolato ecc.) e la presenza di alcuni frammenti di due vie consolari grazie alla fotogrammetria aerea, di cui però non esistono riferimenti certi. Non ci sono dubbi, invece,

sul fatto che il territorio fosse attraversato dalla romana via Gallica.

A seguito della caduta dell'Impero Romano, l'area viene inclusa nei feudi del ducato Longobardo e successivamente dell'Impero Carolingio. Dalla fine del 700 Mestre diventa un importante borgo agricolo e commerciale, situato in una zona strategica per i collegamenti tra la laguna, interessata dallo sviluppo economico di Venezia, e la terraferma. Dal 900 Mestre rientra nel feudo del vescovo trevigiano, iniziando così una serie di vicende legate a Treviso.

Risale al 994 il documento ufficiale più antico in cui compare il nome "Mestre": si tratta dell'atto di donazione con cui Ottone III - futuro imperatore del Sacro Romano Impero - ringrazia per alcuni servigi ricevuti dalla famiglia locale dei Conti di Collalto, donando loro delle terre, tra cui una "*inter Mester et Paureliano et Brentulo*" ovvero tra Mestre, e l'attuale Gazzera [20].

Nei secoli successivi Mestre è sede di diversi scontri, tra cui quelli tra trevigiani e Scaligeri che solo dopo diversi attacchi nel 1323 riescono a conquistare il territorio. L'espansione degli Scaligeri diventa ben presto una minaccia per i veneziani e la loro indipendenza: il controllo dell'entroterra diventa per loro vitale per limitare il potere degli avversari e difendere i propri interessi commerciali interni alla costa. I Veneziani riescono nel loro intento, conquistano Mestre e il suo Castello (1337), e annettono la vicina Treviso.

Appena dopo la conquista, i Veneziani adottano due provvedimenti che si riveleranno molto importanti per il futuro di Mestre. Da un lato viene creato il Canal Salso (o Fossa Gradigna), un collegamento fondamentale sia dal punto di vista commerciale per il trasporto di persone e merci tra Venezia e Mestre, che dal punto di vista strategico e difensivo; dall'altro, viene sistemato il Castelvecchio e poi, in una zona più salubre, viene costruito il Castelnuovo che ben presto si rivelerà fondamentale per le truppe veneziane nelle loro azioni di difesa e conquista della terraferma trevigiana e padovana [20].

Nel 1513 Mestre e Venezia passano nelle mani di tedeschi e spagnoli. Mestre rimane estranea a scontri bellici fino alla caduta della Repubblica di Venezia, che si consegna ai francesi dopo l'arrivo di Napoleone e delle sue truppe nel maggio del 1797. Sotto il controllo francese, Mestre diventa nel 1806 un "Comune" del Dipartimento del Tagliamento (oggi provincia di Treviso) e poi del Dipartimento dell'Adriatico (oggi provincia di Venezia); alla caduta di Napoleone entra a far parte del Regno Lombardo-Veneto assoggettato all'Impero Austriaco, fino all'annessione al Regno d'Italia.

Proprio durante il periodo di governo austriaco vengono costruite importanti infrastrutture: è il caso, per esempio, di Forte Marghera, del ponte della laguna che collega Venezia a Mestre o dell'importantissima linea ferroviaria Venezia-Padova-Milano. Nel 1866, come esito della III Guerra di Indipendenza, le truppe italiane entrano a Forte Marghera e così Mestre,

insieme al resto del Veneto, è annessa al Regno d'Italia. Ben presto si iniziano a costruire strutture e servizi pubblici che contribuiscono a dare a Mestre il volto di una vera città: sorgono il servizio di tram, l'Ospedale, diverse scuole, teatri ed edifici monumentali, oltre che una serie di iniziative filantropiche e le prime aziende manifatturiere.

Durante il primo conflitto mondiale, Mestre svolge un'importante funzione in termini di scambio e smistamento di truppe, armi e vettovaglie, grazie alla sua posizione strategica e di prossimità alla ferrovia, al punto da diventare il retrovia logistico del fronte con la conseguente acquisizione di scuole, ville e case private per trasformarle in strutture utili alla guerra (alloggi, ospedali da campo, centri di smistamento etc.).

Con l'avvento della Rivoluzione industriale Mestre inizia a svilupparsi e assumere le fattezze di una città, riconoscimento concesso ufficialmente nel 1923 da re Vittorio Emanuele III. Nel 1926, per decreto ministeriale, Mestre perde il titolo di "città" con la sua annessione al Comune di Venezia (assieme ad altri comuni della zona), nell'ambito della riorganizzazione e razionalizzazione delle istituzioni comunali italiane. Nasce la "Grande Venezia", con l'idea di creare un nuovo progetto di città tripartita: Venezia e il Lido come centri culturali e turistici, Marghera come centro industriale e portuale, Mestre come centro residenziale, con cui si poteva provare a risolvere il problema di sovraffollamento della città lagunare.

A cavallo tra Ottocento e Novecento, infatti, erano iniziati i lavori di costruzione della zona industriale di Marghera, che ben presto diventa una delle più estese in Europa, specializzata nei settori siderurgico e metallurgico, chimico, petrolifero, energetico, della cantieristica e successivamente anche alimentare. La stessa Mestre ospita la nascita di diverse industrie, soprattutto di piccole e medie dimensioni.

Il nascente polo industriale di Mestre e Marghera inizia ben presto a richiamare un gran numero di lavoratori da Venezia, dal Veneto e da tutto il paese, ma gli alloggi offerti agli operai, anche nel Quartiere Urbano di Marghera, appositamente costruito, si rivelano insufficienti, oltre che di bassa qualità. Mestre diventa oggetto di forte crescita urbanistica come diretta conseguenza della crescita demografica: i 20mila abitanti dei primi anni del secolo diventano oltre 40mila nei primi anni '20 e circa 75mila negli anni '40 (ProLoco Mestre).

Durante la Seconda Guerra Mondiale la zona è colpita da numerosi bombardamenti, con cui viene pesantemente distrutta. Il suo ruolo di importante snodo ferroviario e polo industriale la rende sede, anche dopo la firma dell'armistizio, di numerosi scontri tra la resistenza e le forze nazi-fasciste. Il coraggio di numerosi partigiani mestrini permette di preservare le industrie di Porto Marghera dalla distruzione per mano nazista [20].

Terminata la Guerra l'area industriale inizia ad ingrandirsi notevolmente: la prima fase di

espansione (1945-1954) è caratterizzata dall'assenza di regole, dalla lottizzazione di aree comunali, da speculazioni da parte dei privati. Moltissimi immigrati arrivano nel territorio mestrino in cerca di un lavoro sicuro e così la popolazione inizia nuovamente a crescere a ritmi velocissimi (da circa 100mila abitanti nel 1951, a oltre 200mila nel 1966).

La seconda fase di espansione industriale (dal 1954 al 1968) si sarebbe dovuta basare su precisi piani regolatori, che in realtà arrivano in ritardo e con scarso successo: regna, infatti, un'edilizia priva di governo, molto spesso abusiva e speculativa; il piano regolatore del 1962 - tardivo e minimale rispetto alle problematiche da affrontare - attribuisce alla terraferma mestrina il ruolo di periferia popolare industriale, dominata dal cemento che sta via via sostituendo parchi, luoghi di culto, siti di pregio.

In una simile situazione l'amministrazione veneziana non agisce di conseguenza e negli anni Settanta Mestre e la terraferma assistono a un risveglio civile da parte dei cittadini: questi iniziano a rendersi conto di tutti gli effetti che una così rapida industrializzazione ha portato nell'area, in termini economici, sociali e legati alla qualità della vita. Carenza di infrastrutture e servizi essenziali come scuole, strade, sistemi fognari, trasporti collettivi, uffici, luoghi di aggregazione pubblica, parchi e aree verdi, insieme alla mancanza di politiche culturali e sociali portano a un malcontento generale che si traduce in scioperi, conflittualità sociale e proteste degli operai, ma anche in una presa di coscienza da parte della popolazione circa la qualità della vita in un simile contesto [20].

A tutto ciò si aggiunge la crescente consapevolezza legata ai disastri ambientali provocati dalla presenza di industrie pesanti nella zona e dalle azioni strettamente collegate all'industrializzazione: ne sono alcuni esempi la cementificazione delle barene, la produzione di scorie e polveri nocive rilasciate nell'aria, l'abbattimento delle aree verdi per lasciare spazio alla costruzione di edifici, l'interramento di canali e corsi d'acqua [7].

L'ormai affermata coscienza cittadina a cavallo tra gli anni Settanta e Ottanta porta i mestrini al desiderio di ripensare il proprio futuro e il proprio territorio, cercando traiettorie di sviluppo e sostenibilità per l'ambiente e le persone. Nascono numerose iniziative e associazioni, così come una prima lista civica grazie alla quale l'amministrazione comunale inizia a discutere delle numerose problematiche esistenti. Negli anni Settanta prendono piede alcune aspirazioni autonomiste che sognano un'amministrazione futura distaccata da Venezia, una città d'acqua molto diversa dalla terraferma mestrina [20]. Per rispondere a tali desideri autonomisti, le varie amministrazioni che si susseguono negli anni iniziano a mettere in atto iniziative di vario genere, ponendosi sempre come obiettivo primario la riqualificazione di Mestre, sulla base di due macro-settori di attività: da una parte logistica e trasporti; dall'altra turismo. Il primo obiettivo è, infatti, strettamente collegato alla posizione geografica favorevole, che permette a Venezia e Mestre di essere all'incontro delle rotte strategiche che

collegano l'intera Europa, da nord a sud e da est a ovest; il secondo, invece, è intersecato con l'enorme ricchezza dell'insularità di Venezia e la sua notevole concentrazione di opere d'arte di grande valore [9]; [21].

Negli ultimi decenni si possono così riconoscere a Mestre una serie di interventi di riqualificazione e ri-destinazione di diverse aree: dal recupero ambientale della zona di San Giuliano fino alla creazione dell'omonimo Parco, uno dei più grandi al mondo; dall'istituzione nella ex zona industriale di via Torino di aree legate alla ricerca e alla conoscenza, grazie all'espansione del polo universitario di Venezia all'ideazione del progetto "Bosco di Mestre" per il rimboschimento di numerose aree; dalla pedonalizzazione del centro storico e miglioramento dell'arredo urbano; fino alla creazione del nuovo polo museale altamente tecnologico M9-Museo del '900 realizzato dalla Fondazione di Venezia e inaugurato nel 2018.

È in questo contesto di crescita e modernizzazione che si inserisce l'introduzione delle biciclette condivise come risposta alla necessità di soluzioni di trasporto sostenibili, efficienti e accessibili in un ambiente urbano complesso e diversificato.

### 1.3 Il nuovo modello dell'economia condivisa

Il XXI secolo ha visto la graduale diffusione di nuovi modelli di consumo che hanno messo in crisi i modelli economici più tradizionali, così come una crescente attenzione allo sviluppo sostenibile in termini sociali, economici ed ambientali, che è diventato sempre più la base per nuove opportunità di crescita, occupazione e imprenditorialità [2].

Una delle tendenze più recenti è la cosiddetta **sharing economy** o economia collaborativa: si tratta di un concetto piuttosto complesso che implica un passaggio dall'idea di "possesso" di beni e servizi all'idea di "condivisione" di questi, che può avvenire tra pari o attraverso imprese e che può portare a diversi benefici tra cui crescita dell'efficienza, risparmio economico, monetizzazione di risorse sottoutilizzate, vantaggi sociali ed ambientali [19]. In altre parole, si può considerare come un modello economico e culturale innovativo, che promuove forme di consumo consapevole e in grado di razionalizzare le risorse, basandosi sull'utilizzo e sullo scambio di beni e servizi, piuttosto che sul loro acquisto [2]. Munoz e Cohen (2017) l'hanno invece definita come "un sistema socio-economico che consente un insieme intermediato di scambi di beni e servizi tra individui e organizzazioni che mirano ad aumentare l'efficienza e l'ottimizzazione delle risorse sottoutilizzate nella società". In tale modello si possono distinguere due attori principali: i fornitori di servizi e i ricevitori di servizi, accomunati da una motivazione estrinseca [12].

Ancora, nel 2015 il parlamento Europeo ha inteso tale concetto come “un nuovo modello socio-economico che ha preso piede grazie alla rivoluzione tecnologica e a Internet, che mette in contatto le persone attraverso piattaforme online su cui è possibile effettuare transazioni di beni e servizi in modo sicuro e trasparente”. L’elenco delle definizioni presenti nella letteratura è piuttosto vasto, ma la maggior parte condivide l’idea di base di fornire agli individui l’opportunità economica di scambiare i propri beni sottoutilizzati con estranei attraverso intermediari che fanno incontrare domanda e offerta in modo efficiente e con l’aiuto delle tecnologie informatiche [15].

La nascita e la diffusione della sharing economy si devono a una serie di cause, tra cui la crisi economica del 2008 che ha portato le persone a cercare nuove soluzioni ai problemi emergenti (es: con costi degli appartamenti o dei trasporti sempre più elevati, la condivisione di questi al posto dell’acquisto si è rivelata una soluzione valida per molte persone); l’avvento di internet e la sempre più ampia diffusione della tecnologia, grazie alla quale tutti possono avere accesso al mercato e alla clientela globale; le nascenti sensibilità ed esigenze ambientali nei confronti di un pianeta sempre più sfruttato, inquinato e povero di risorse [19].

Botsman e Rogers (2010) individuano cinque elementi alla base dell’economia condivisa, definiti come “Le cinque C della sharing economy”:

- *Collaborazione*: intesa come la partecipazione di due o più soggetti che vogliono raggiungere lo stesso obiettivo, sia esso fornire risorse o servizi poco utilizzati o ottimizzare i costi;
- *Coerenza, chiarezza, comprensibilità*: è cruciale mantenere trasparenza e onestà, adottando una strategia coerente a breve e lungo termine. Le aziende devono comportarsi in modo più umano e amichevole, guadagnando la fiducia dei consumatori che richiedono chiarezza delle intenzioni, coerenza dei comportamenti e comprensibilità dei servizi offerti;
- *Comportamento*: gli utenti devono essere trattati con dignità e rispetto. Le recensioni e i feedback rafforzano la comunità e la fiducia, e le azioni online lasciano una traccia che influisce sulla reputazione personale;
- *Contatto* (solo tramite piattaforma): le piattaforme sono i luoghi di incontro di tale modello economico e pertanto è necessario che siano il più intuitivo e completo possibile, per avviare e mantenere la relazione domanda-offerta. È importante che l’intero processo avvenga all’interno della piattaforma;

- *Community*: la creazione di regole aiuta a formare una comunità solida. Le aziende devono promuovere un senso di appartenenza e responsabilità collettiva, trasformando il tradizionale concetto di cliente in un membro attivo della community. Le persone tendono a fidarsi delle aziende che dimostrano rispetto e li coinvolgono nei processi produttivi.

I protagonisti della *sharing economy* sono pertanto definiti *prosumer* (dalla fusione di *producer* e *consumer*), proprio per sottolineare come non esista più una netta distinzione tra produttore e consumatore, in quanto qualsiasi persona-utente può entrare a far parte del processo produttivo [16].

Due esempi piuttosto noti di tale modello economico sono quelli di *Airbnb* e *Uber*: il primo è una piattaforma nata nel 2007 che mette in contatto persone in cerca di un alloggio (o di una camera) per brevi periodi con persone che dispongono di spazi extra da affittare; il secondo, invece, è una piattaforma che permette di prenotare un passaggio in auto grazie ad autisti partner che percorrono il tragitto desiderato dall'utente.

### 1.3.1 Sharing Mobility: qualche definizione

Uno dei settori in cui il concetto di condivisione è già molto radicato e diffuso tra la popolazione è quello della *mobilità*, intesa come il movimento degli essere umani - come individui o in gruppo - nel tempo e nello spazio. L'azione di spostarsi è antica quanto l'uomo, tanto che si parla di migrazione già con l'Homo Sapiens: se in passato le motivazioni che spingevano a muoversi erano prevalentemente legate a fattori come cambiamenti climatici, conflitti, scarsità di cibo, scarsa ospitalità dei paesaggi, oggi a queste si aggiungono anche aspetti come lo squilibrio salariale, le differenze nelle condizioni di benessere, la globalizzazione ecc. Molti, infatti, sono gli esseri umani che dalla storia sono costretti a spostarsi ogni giorno, dai cacciatori e raccoglitori della preistoria per cercare il cibo, agli attuali pendolari delle grandi metropoli. Tuttavia alle motivazioni di spostamento legate al guadagnarsi da vivere, al giorno d'oggi si affiancano anche motivazioni legate alle attività sociali e di svago, e quindi intese come opportunità di viaggio e scoperta di nuovi territori, di visita ad amici e parenti, di shopping ecc.[8].

Attualmente alcuni studi condotti in Europa e negli Stati Uniti hanno dimostrato come ogni famiglia spenda mediamente tra il 20% e il 25% della sua spesa totale per i trasporti, i quali sono anche la seconda fonte di inquinamento ed emissioni di gas serra nell'atmosfera [8].



Si può pertanto facilmente comprendere come la mobilità sia un fenomeno con un impatto enorme sulle comunità umane, in termini sociali, ambientali ed economici.

In un secolo sempre più preoccupato da questioni ambientali e problemi legati all'uso indiscriminato delle risorse, al peggioramento della qualità della vita, alla mancanza di pianificazione urbana adeguata, nel campo della mobilità il concetto di sharing economy rappresenta un paradigma sempre più diffuso. Diversi sono i fattori alla base della crescita esponenziale negli ultimi anni, tra cui: livelli elevatissimi di inquinamento ambientale e conseguente aumento di consapevolezza nei confronti di tematiche legate alla sostenibilità, inadeguatezza dei sistemi di trasporto pubblico, urbanizzazione crescente e incremento di traffico e caos a cui le persone cercano alternative, scarsità di parcheggi, progressi nella tecnologia mobile, politiche pubbliche e incentivi, convenienza economica [14].

Tra le varie definizioni di mobilità condivisa presenti in letteratura vi è quella di Shaheen (2016) che la intende come un concetto "ombrello" che si riferisce a un'ampia gamma di modalità di trasporto innovative con diversi casi d'uso, modelli di business e impatti sul comportamento di viaggio, caratterizzate dall'accesso a breve termine ai veicoli a seconda delle esigenze e della convenienza dell'utente. Machado (2018) la definisce, invece, come l'insieme di "alternative di viaggio che mirano a massimizzare l'utilizzo delle risorse di mobilità che una società può pragmaticamente permettersi, disconnettendo il loro utilizzo dalla proprietà".

La mobilità condivisa sta avendo un impatto trasformativo in diverse città, migliorando l'accessibilità ai trasporti, incrementando la multimodalità, riducendo il possesso di veicoli e il numero di miglia di ogni veicolo e offrendo nuovi modi di accesso a beni e servizi.

La sua crescente importanza ha fatto sì che oggi sia necessario capire come integrarla nei sistemi di trasporto pubblico delle città che ne fanno utilizzo, così da renderla più efficiente dal punto di vista sociale, ambientale ed economico e da usarla come soluzione a problemi esistenti, quali traffico, inquinamento, limitata copertura del trasporto urbano [14].

Ovviamente la diffusione di una simile modalità di trasporto porta con sé anche una serie di conseguenze che ricadono sul sistema di regolamentazione e quindi di tassazione, garanzia di equità sociale, non discriminazione nell'accesso ai servizi, regole sulle aree di copertura, ma anche sul ruolo che i soggetti coinvolti - aziende private e/o iniziative della comunità - iniziano a svolgere nella società, tradizionalmente caratterizzata da una forte regolamentazione governativa nel settore dei trasporti.

Da tenere in considerazione è anche il fatto che la mobilità condivisa non è accessibile a tutti, in quanto è necessario disporre di una connessione internet sullo smartphone, oltre

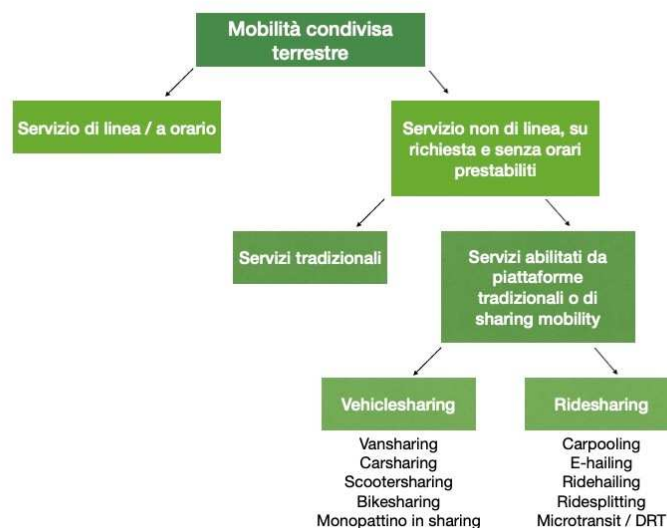
che di una carta di credito valida; inoltre, la diffusione di tali servizi è ancora limitata prevalentemente alle zone centrali e urbane, e non interessa le zone periferiche. Affinché la mobilità condivisa possa considerarsi un sistema totalmente efficace, è necessario che il servizio offerto sia *inclusivo*, fornendo l'accesso a tutta la popolazione di ogni classe socio-economica; *accessibile* e quindi semplice da usare indipendentemente dal livello di abilità; *sicuro* per i cittadini; *innovativo* poiché incoraggia e promuove tecnologie nuove; *sostenibile* così da ridurre al minimo gli impatti ambientali negativi; *efficiente* in termini di tempi e costi di viaggio; *vivibile* così da favorire comunità umane sane, attive e prospere; *equo* per assicurare a tutti un pagamento giusto del servizio; *orientato al cittadino* che deve essere soddisfatto [14].

Shaheen e Cohen (2016) hanno suddiviso i servizi di mobilità condivisa in 5 principali categorie:

1. *modelli self-service basati sull'adesione*, caratterizzati da un gruppo organizzato di partecipanti, uno o più veicoli condivisi, una rete di veicoli basati su stazioni oppure decentralizzati che fluttuano liberamente all'interno di un confine geografico fisso, accesso a breve termine, accesso self-service al servizio. Tali modelli possono, quindi, includere servizi di andata e ritorno in cui il veicolo viene preso e poi riportato nello stesso punto, servizi a senso unico in cui il veicolo viene riportato in una stazione differente rispetto a quella iniziale, servizi a senso unico libero in cui il veicolo può essere depositato ovunque all'interno dell'area geografica definita. Un'ulteriore suddivisione interna di tali modelli include quelli aperti e quindi fruibili dal pubblico in generale, o chiusi in quanto accessibili a gruppi predefiniti di utenti, come i membri di una comunità universitaria, i dipendenti di un'azienda, i residenti di un complesso di edifici ecc.;
2. *modelli self-service peer-to-peer (P2P)*, caratterizzati dalla presenza di aziende, in possesso dei mezzi, che intermediano le transazioni tra i proprietari e noleggiatori dei mezzi, fornendo le risorse necessarie allo scambio (piattaforma online, assistenza ai clienti, assicurazione ecc.);
3. *modelli self-service non basati sull'adesione*, di cui fanno parte il noleggio delle auto su base giornaliera o settimanale, sistemi di condivisione o noleggio di biciclette, carpooling. Si tratta di situazioni in cui gli utenti sono casuali e pertanto non dispongono di account e/o abbonamenti; una volta che l'utilizzo del servizio si è concluso, gli operatori non trattengono le informazioni dei clienti;

4. *modelli di servizio a pagamento*: si tratta di situazioni in cui i passeggeri vengono trasportati da mezzi differenti da loro scelti (taxi, limousine, pedicab ecc.) guidati da conducente, a fronte di una tariffa, predeterminata in base alla distanza o al tempo di percorrenza oppure dinamica se basata su un tassametro o una tecnologia simile. Tali servizi possono essere prenotati su richiesta attraverso lo street-hail, cellulare, applicazioni per smartphone, oppure prenotati in anticipo;
5. *sistemi di trasporto di massa*, ovvero i sistemi di trasporto pubblico che transitano su rotte fisse e con orari prestabiliti (autobus, tram, metro, traghetti, treni ecc.).

Un'ulteriore classificazione della mobilità condivisa terrestre, presentata nell'Osservatorio Nazionale Sharing Mobility del 2021 (in breve OSM 2021), distingue sulla base dell'accessibilità e della disponibilità del servizio, i *servizi di linea/ a orario* dai *servizi on demand*: i primi vengono offerti a un determinato orario prestabilito e lungo un determinato percorso e includono treni, tram, autobus urbani, autobus extraurbani ecc.; i secondi invece possono essere offerti su richiesta sia in termini di orario che di itinerario e comprendono, per esempio, taxi, noleggio con conducente, noleggio senza conducente. Inoltre, accanto ai servizi on demand tradizionali appena elencati, fanno parte della stessa categoria anche altri due generi di servizi fruibili su richiesta grazie alle nuove tecnologie digitali: *servizi vehicle sharing*, caratterizzati dal fatto che è l'utente a guidare il veicolo messo in condivisione temporanea da altri (un operatore, una piattaforma, un privato ecc.) ad esempio un monopattino, una bicicletta, uno scooter ecc.; *servizi ridesharing* che prevedono che l'utente usufruisca di un servizio di trasporto senza condurre attivamente alcun mezzo, come nel caso di carpooling, ridesplitting ecc.[5].



**Figura 1.3:** Classificazione della mobilità condivisa terrestre. Fonte:[5].

Scendendo più nel dettaglio, per *vehicle sharing* si intende “il risultato di un’attività, non necessariamente economica, per soddisfare l’esigenza di un gruppo d’individui di spostarsi con un veicolo individuale secondo le proprie esigenze, senza possedere il veicolo utilizzato ma accedendo solo temporaneamente al suo utilizzo. Questa attività viene svolta avvalendosi di una piattaforma digitale e di un’organizzazione più o meno complessa appositamente realizzata per erogare questo specifico servizio” [5]. In tale attività è necessaria la presenza di un soggetto - individuale o collettivo, privato o impresa - che mette a disposizione uno o più veicoli e di un gruppo di individui che possono utilizzare il veicolo. Sono dispositivi fondamentali per l’erogazione e la fruizione di simili servizi la presenza di una piattaforma digitale, la flotta di veicoli sul territorio, uno strumento tecnologico e/o organizzativo per accedere fisicamente al veicolo, la membership e quindi l’iscrizione al servizio.

Il servizio di *ridesharing* va inteso, invece, come la forma di trasporto effettuato su richiesta del trasportato su itinerari e secondo orari stabiliti di volta in volta, similmente a quanto avviene con i servizi non di linea. La principale differenza con questi sta nel ruolo svolto dalla piattaforma digitale nell’interazione tra passeggero trasportato e chi trasporta e/o nella programmazione del servizio. In ogni caso la piattaforma costituisce il tramite per richiedere e prenotare il viaggio, pagarlo e valutare il servizio. Sono esempi di *ridesharing* il carpooling, e-hailing, ridehailing ecc. (OSM, 2021).

In funzione del veicolo utilizzato il vehicle sharing assume la forma di vansharing, carsharing, scootersharing, bikesharing e monopattino in sharing.

Il servizio di *ridesharing* va inteso, invece, come la forma di trasporto effettuato su richiesta del trasportato su itinerari e secondo orari stabiliti di volta in volta, similmente a quanto avviene con i servizi non di linea. La principale differenza con questi sta nel ruolo svolto dalla piattaforma digitale nell’interazione tra passeggero trasportato e chi trasporta e/o nella programmazione del servizio. In ogni caso la piattaforma costituisce il tramite per richiedere e prenotare il viaggio, pagarlo e valutare il servizio. Sono esempi di *ridesharing* il carpooling, e-hailing, ridehailing ecc. [5].

### 1.3.2 Il bikesharing in Italia e nel mondo

Nel servizio di condivisione di biciclette (o bikesharing), siano esse tradizionali o elettriche, gli utenti accedono alle biciclette in base alle proprie esigenze: i viaggi possono essere da punto a punto, di andata e ritorno o entrambi, consentendo di utilizzare i mezzi anche per il trasporto a senso unico e per la connettività multimodale (viaggi di primo e ultimo miglio, viaggi di molte miglia o entrambi). Gli utenti possono iscriversi all’organizzazione

di bikesharing su base annuale, mensile, giornaliera o per corsa, mentre i costi di manutenzione, deposito e parcheggio delle biciclette sono tendenzialmente coperti dagli operatori di bikesharing [19].

Si possono distinguere due tipologie di servizi:

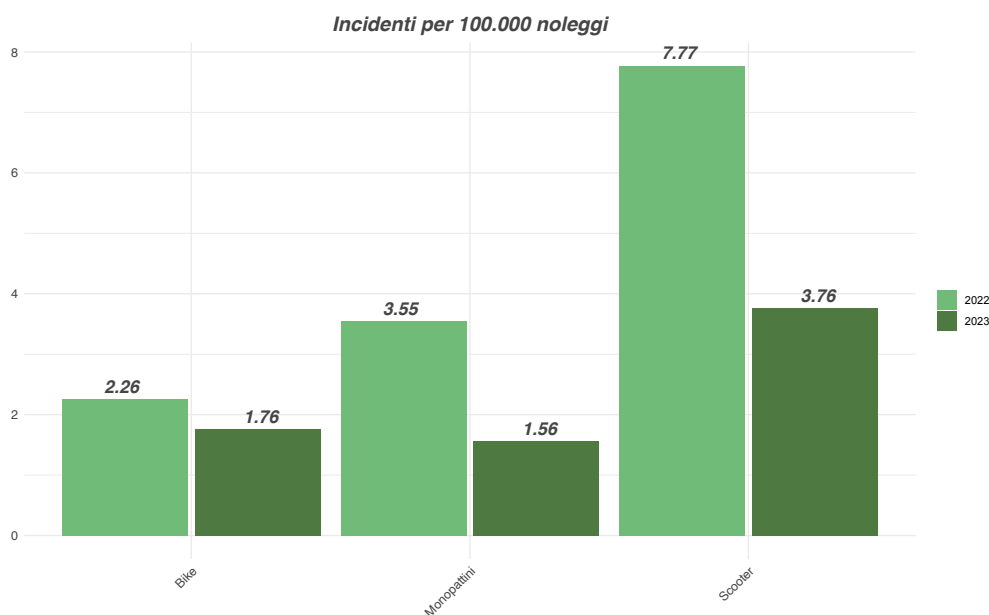
- *station-based*: in diversi punti dei contesti urbani sono allestite delle stazioni georeferenziate, tipicamente non presidiate, in cui gli utenti possono prendere a noleggio il mezzo, che dovrà poi essere depositato in una qualsiasi altra stazione;
- *free-floating* o bikesharing libero: gli utenti possono prendere una bicicletta georeferenzata e poi restituirla in qualsiasi luogo all'interno di una regione geografica predefinita.

In Italia molto spesso il servizio di bikesharing è operativo in ambito urbano ma può trovare applicazioni anche all'interno di parchi naturali, campus universitari e particolari aree turistiche. Il modello economico tipico dei servizi oggi presenti sul territorio nazionale è B2C, in cui il fornitore del servizio è un soggetto che esercita attività d'impresa e l'utente è un individuo che paga una certa somma per utilizzare il servizio; è in crescita anche il modello B2B, in cui il cliente-utente è un'azienda. Quanto invece al modello di governance, ovvero di rapporto tra le amministrazioni pubbliche e i soggetti privati, in Italia prevalgono soluzioni gestionali orientate alla dimensione pubblica, caratterizzate da una gestione pubblica diretta o tramite società dedicata, oppure appalto per la fornitura del servizio di bikesharing [5].

Tra i vari potenziali vantaggi derivanti dalla condivisione di biciclette vi sono: aumento della mobilità, risparmi sui costi derivanti dal trasferimento modale e dal mantenimento dei mezzi privati; bassi costi di implementazione e operativi; riduzione del traffico e del consumo di carburante; aumento dell'uso del trasporto pubblico in quanto tali mezzi possono essere utilizzati per la connettività multimodale e quindi per raggiungere le fermate/stazioni di altri mezzi di trasporto collettivi; benefici per la salute; sviluppo di una maggiore consapevolezza ambientale; nuove opportunità economiche; esperienze sociali e di piacere [19, 14].

Tuttavia, come per qualsiasi servizio, esistono anche una serie di aspetti e conseguenze negative ad esse collegate. È il caso, per esempio, del livello di incidentalità di tali servizi di micro-mobilità condivisa. Un'indagine condotta dall'Osservatorio Nazionale Sharing Mobility ha rivelato come nel 2021 il monopattino sia stato il mezzo di sharing che ha registrato

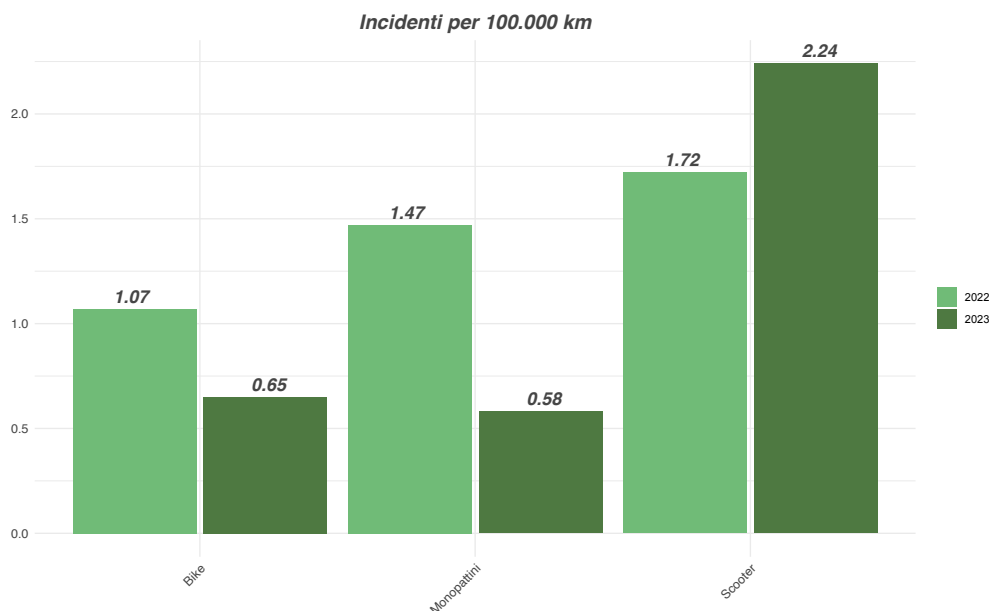
il più alto numero di incidenti (634 su 935 totali), con una media di 2,07 incidenti ogni 100 mila km, paragonato a 0,74 per le biciclette e 1,72 per gli scooter. Tale dato si è modificato nel corso del 2022 che registrato un generale caso di sinistri: -56% per i monopattini, -52% per gli scooter, -22% per le bici. I grafici 1.4 e 1.5 sotto riportati mostrano la situazione.



**Figura 1.4:** Incidenti per 100.000 noleggi negli anni 2022 e 2023. Dati presi da [5].

È importante sottolineare come i risultati siano piuttosto eterogenei dal punto di vista geografico, dei servizi e del tipo di utente che ricorre a tali mezzi di trasporto: dallo stesso studio emerge come i veicoli più lenti e a trazione muscolare hanno il più basso livello di incidentalità, ma anche come il fattore umano e l'esperienza di guida degli utenti siano fattori determinanti (e spesso strettamente collegati all'età e/o al possesso della patente di guida). Ulteriori fattori individuati riguardano le caratteristiche del contesto urbano in cui il veicolo viene utilizzato, che può variare per presenza di vie ciclabili, densità abitativa, tasso di motorizzazione ecc.

Altri aspetti da tenere in considerazione quando si parla di mobilità condivisa riguardano il rispetto del codice della strada e la sicurezza di utenti e cittadini, divenuta spesso un problema per molte città: a Parigi, per esempio, a seguito di un referendum popolare, a partire dal 1° settembre 2023 non sarà più disponibile alcun servizio di monopattino in sharing. In Italia, in tal senso, nel nuovo Codice della Strada verrà sancita l'obbligatorietà dell'utilizzo del casco, ma anche l'obbligatorietà di codice identificativo e di assicurazione per ogni mezzo. Verrà, inoltre, disciplinata anche un'altra questione spinosa collegata ai biciclette e monopattini in condivisione facenti parte delle flotte a flusso libero: l'occupazione



**Figura 1.5:** Incidenti per 100.000 km negli anni 2022 e 2023. Dati presi da [5].

selvaggia per il parcheggio di marciapiedi e zone pedonali. Le sanzioni previste saranno più aspre per coloro che lasceranno i mezzi in zone non adeguate (Mecucci, 2023).

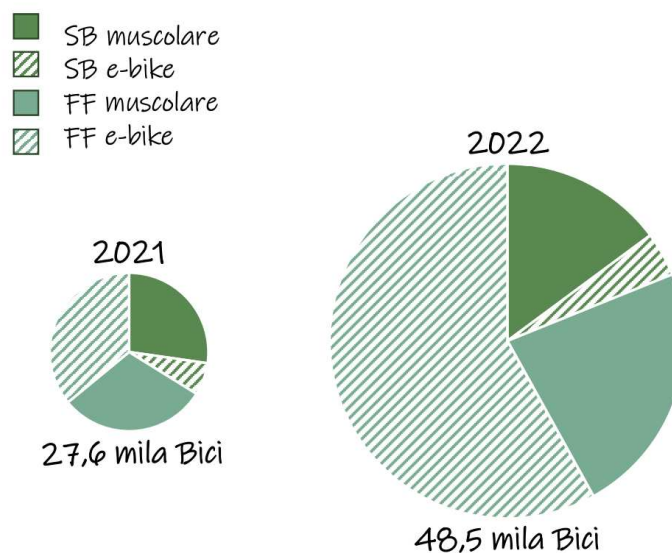
Dal 7° e ultimo rapporto Nazionale sulla Sharing Mobility pubblicato dall'Osservatorio Nazionale Sharing Mobility emerge come nel 2022 nel nostro paese il numero totale di viaggi di vehiclesharing è cresciuto del 41% rispetto all'anno precedente, sfiorando quota 49,5 milioni di viaggi percorsi (per un fatturato di circa 178 milioni di euro). Di questi, 43 milioni (87% del totale) sono stati realizzati con mezzi di micromobilità, con un +108% del bike sharing free floating, +39% di monopattini, +24% del bike sharing station based. Il 54% dei noleggi è avvenuto nel Nord del Paese, il 32% al centro e il 14% al sud.

Tale dato riprende il trend di crescita registrato nel 2021 e prima del 2019 (quando si erano registrati 28 milioni di noleggi) e poi bruscamente interrotto nel 2020 con l'avvento della pandemia, durante la quale le persone sono state costrette all'immobilità, o comunque a una limitazione dei loro movimenti superflui.

Nel 2022 la flotta italiana di veicoli di micro mobilità in condivisione contava 107 mila mezzi, che equivale al 95% dei mezzi in sharing presenti sul territorio nazionale.

Facendo un breve focus sulla domanda di bikesharing in Italia nel 2022, si sono contate circa 39 mila biciclette free-floating (FF) disponibili per il noleggio e circa 9 mila biciclette station-based (SB). Il numero di noleggi è cresciuto rispetto all'anno precedente e rispetto al 2019 (+30%). Tale crescita riguarda soprattutto il numero di noleggi a flusso libero

(+108%) e in maniera minore quelli station-based (+24%). Una delle principali tendenze registrate a cavallo tra 2021 e 2022 riguarda la diffusione di servizi di bikesharing con mezzi elettrici, spesso realizzati da operatori già attivi nelle città con il noleggio di monopattini. Come si può notare dal grafico sottostante, oltre la metà del numero totale di biciclette disponibili è costituita da mezzi elettrici FF. (Fonte: [5]).



Interessante segnalare come a livello nazionale con ogni noleggio si percorrano in media 2,3 km in SB, 2,2 km in FF per un totale medio rispettivo di 16,3 minuti e 19,1 minuti. Tale dato risulta essere in linea anche con quanto avviene a Mestre in cui il tempo medio di durata di ogni viaggio nel periodo analizzato risulta essere di 10,4 minuti con una distanza media percorsa di 1,6 km.

A livello globale, sistemi di condivisione di biciclette sono presenti in 1590 città in 92 paesi differenti (esclusa l'Antartide), con 1914 sistemi attivi nell'agosto 2022. Nel ranking mondiale per numero di sistemi attivi, l'Italia occupa la terza posizione dopo Cina e Stati Uniti ([17]).

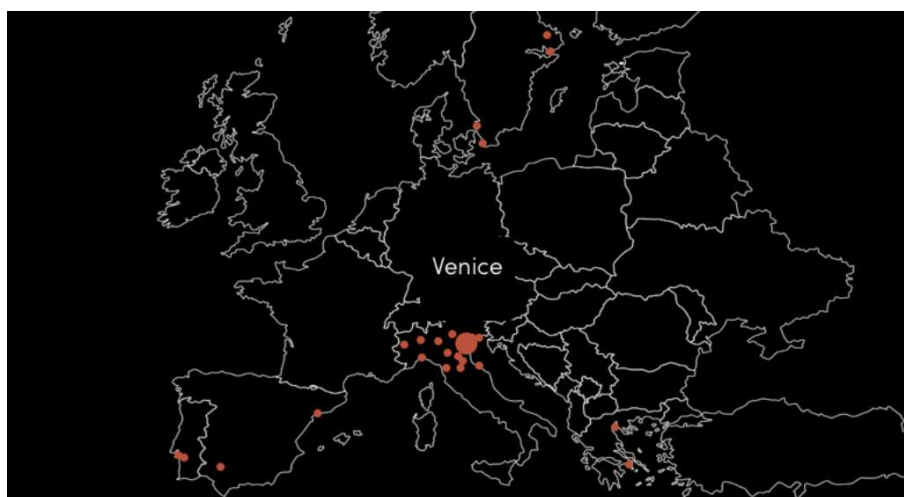
### 1.3.3 Ride Movi - Il servizio bikesharing a Mestre

RideMovi è una società per azioni con sede a Milano fondata nel 2017 e attualmente attiva in 21 città in Italia, Spagna, Svezia, Grecia e Portogallo con un servizio di micro-mobilità a flusso libero. Nel 2022 la sua flotta contava 28.391 veicoli operativi, di cui 16.067 e-bike, 12.026 bici muscolari e 298 monopattini. L'azienda offre un servizio realizzato sulla base



di contratti stipulati con i differenti enti locali delle città in cui opera e si integra nei piani per la mobilità sostenibile dei centri urbani.

Nel 2022 gli utenti RideMovi hanno percorso 14.221.676 km, contribuendo al risparmio di 2.133,25 tonnellate di Co2 (se si considerano le emissioni che un'auto avrebbe prodotto per percorrere la stessa distanza). Secondo un sondaggio effettuato tra gli utenti è emerso come l'utilizzo di bikesharing abbia portato nel Comune di Venezia a una riduzione dell'uso di mezzi pubblici del 66,6% e dell'utilizzo di automobili del 34,3%.

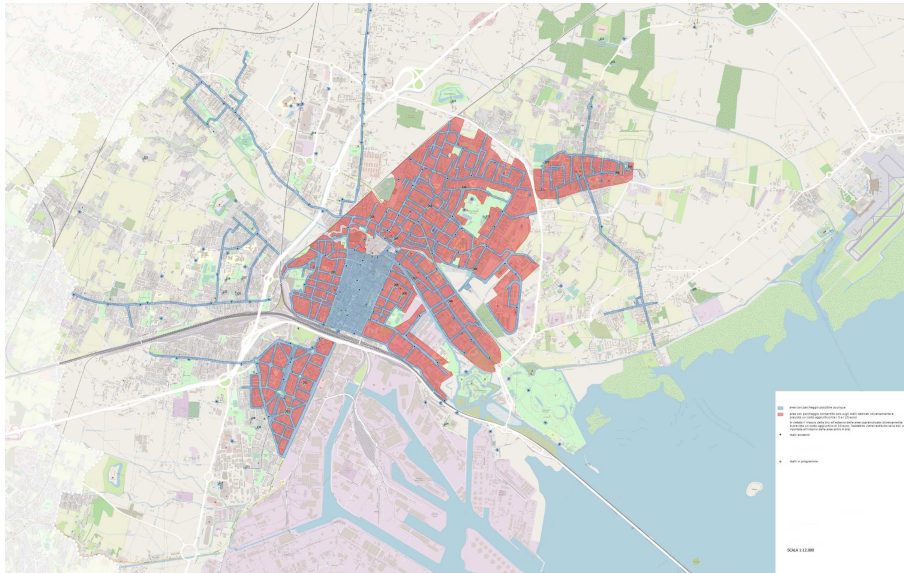


**Figura 1.6:** Città attive in Europa con i servizi offerti da RideMovi. Fonte: <https://www.ridemovi.com/it/>

Dal 12 giugno 2020 è attivo il servizio free floating MO-VE-Nice che mette a disposizione 800 biciclette tradizionali e 200 e-bike a pedalata assistita come iniziativa facente parte del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile di Venezia del 2030. Di seguito si riporta la mappa dell'Area Operativa del Servizio: in azzurro sono evidenziate le aree all'interno delle quali il parcheggio dei mezzi è possibile ovunque; in rosso le aree in cui il parcheggio è consentito solamente sugli stalli dedicati, altrimenti è previsto un costo aggiuntivo di 10 euro.

Il costo dell'utilizzo del servizio di RideMovi varia a seconda della realtà di utilizzo della flotta a disposizione. Nel caso del Comune di Venezia, nel luglio del 2022 la Giunta Comunale ha approvato le tariffe per il biennio 2022-2024 stabilendo i prezzi seguenti. Per le corse semplici:

- corsa semplice con bici tradizionale: €1,20 per i primi 20 minuti di utilizzo (oppure 1,10 se si parcheggia su uno stallo dedicato);
- corsa semplice con e-bike: tradizionale: €0,22/minuto per i primi 10 minuti di utilizzo (ovvero €2,20 per 10 minuti oppure €2,10 se si parcheggia in uno stallo



**Figura 1.7:** Area Operativa del Servizio RideMovi nella città di Venezia. Fonte: [https://www.comune.venezia.it/sites/comune.venezia.it/files/immagini/MobilityManager/mappaBKSH\\_2022.pdf](https://www.comune.venezia.it/sites/comune.venezia.it/files/immagini/MobilityManager/mappaBKSH_2022.pdf)

dedicato).

Per gli abbonamenti bici tradizionali: €5,20 abbonamento giornaliero; €12,60 abbonamento mensile; €70,99 abbonamento annuale.

Per le e-bike sono previsti i seguenti pacchetti: €7,99 per un pack di 45 minuti; €14,99 per un pack di 90 minuti; Movi Prime € 12,99/30 giorni.

L'utente pagherà €1,25/15 minuti di e-bike e noleggi illimitati con le standard bike.

Come anticipato, per prevenire il parcheggio disordinato dei mezzi, la Giunta ha implementato una serie di incentivi per i ciclisti che rispettano le regole relative ai parcheggi. Ad esempio, i ciclisti ricevono uno sconto di 10 centesimi sul costo della corsa singola se parcheggiano nei posti dedicati nelle aree blu; gli abbonati ottengono un premio se parcheggiano negli stalli designati fuori dall'area blu; inoltre, tutti gli utenti, sia abbonati che occasionali, ricevono un ulteriore sconto di 10 centesimi se prendono una bici fuori da uno stallo e successivamente la parcheggiano in un posto dedicato [4].

# Dati, metodologie e prime analisi

---

Il presente capitolo si concentra sull'analisi dei dati raccolti: inizialmente viene fornita una panoramica dettagliata del processo di acquisizione dei dati, inclusi i metodi, le fonti utilizzate per raccogliere le informazioni necessarie per lo studio e le sfide e problematiche incontrate durante la fase di ottenimento dei dati, insieme alle relative strategie adottate per superarle. Successivamente, si affronta il tema della pulizia dei dati, illustrando i passaggi eseguiti per garantire che i dati raccolti siano accurati, coerenti e pronti per l'analisi: questo comprende la rimozione di valori mancanti, la standardizzazione dei formati e la gestione degli errori. Tutto ciò è stato fatto avvalendosi dei vari libri di testo usati durante il percorso universitario [18], [13], [6], [11], [10].

Segue la presentazione delle metodologie utilizzate per l'analisi; in particolare viene approfondito il concetto di clustering dei percorsi delle biciclette, spiegando l'applicazione di tale metodo per raggruppare i percorsi simili in base a punto di partenza e punto di arrivo. Il capitolo si conclude con l'esposizione di prime analisi esplorative generali dei dati, che mirano a fornire una comprensione iniziale del dataset e dei pattern emergenti.

## 2.1 Raccolta dati

I dati sono stati ottenuti grazie a una collaborazione tra l'Università di Padova, con il supporto del professor Stefano Mazzuco, e il Comune di Venezia. L'azienda RideMovi ha fornito i dati relativi a tutti i percorsi effettuati dagli utenti che hanno utilizzato biciclette e/o biciclette elettriche tramite l'applicazione nel periodo compreso tra agosto 2022 e agosto 2023.

Per un'analisi più approfondita e contestualizzata, sono stati raccolti anche dati sulle condizioni meteorologiche tramite web scraping, oltre ai dati relativi alla suddivisione geografica del Comune di Venezia, del quale si è scelto, per le motivazioni spiegate successivamente, di considerare esclusivamente le zone sulla terraferma di Favaro Veneto, Mestre-Carpanedo, Chirignago-Zelarino e Marghera.

### 2.1.1 RideMovi

Per utilizzare la piattaforma Ride Movi è necessario scaricare l'applicazione sul proprio dispositivo mobile dal Play Store se si possiede un dispositivo Android, oppure dall'App Store se si ha un dispositivo iOS. Una volta installata, bisogna procedere con la creazione di un account personale necessario per poter procedere con il noleggio del mezzo. Una volta completata la registrazione e l'accesso all'applicazione, sarà infatti possibile - in presenza di una connessione internet attiva - visualizzare sulla mappa tutte le biciclette e le e-bike disponibili nella propria zona. Per procedere con il noleggio è necessario selezionare nell'app il mezzo desiderato e seguire le indicazioni, che possono includere l'inserimento di un codice o un PIN per sbloccare la bicicletta e iniziare il proprio viaggio. In fase di conclusione del viaggio è necessario assicurarsi di parcheggiare il mezzo in un'area consentita, seguendo talvolta le indicazioni in merito fornite dall'app per evitare sanzioni. Per terminare correttamente il proprio viaggio è importante assicurarsi della corretta chiusura del noleggio per evitare addebiti aggiuntivi.

Considerando il processo di utilizzo del servizio, ai fini di tale studio è stato possibile ottenere - grazie alla collaborazione tra Ride Movi e il Comune di Venezia - i dati grezzi relativi a tutti i viaggi effettuati nella città di Venezia nel periodo di tempo compreso tra agosto 2022 e agosto 2023. Non sono state fornite in alcun modo informazioni dettagliate sugli utenti (come nome, età o genere), ma a ciascuna corsia e viaggio è stato fatto risalire a un ID utente anonimizzato. Tra le 30 variabili presenti nel dataset fornito dall'azienda, sono state selezionate quelle che meglio rispecchiavano l'obiettivo delle analisi, ovvero:

1. Tipo di veicolo (normale o elettrica);
2. ID utente anonimizzato e piano di noleggio;
3. data e ora di inizio (timestamp),
4. data e ora di fine (timestamp),
5. origine (latitudine e longitudine),
6. destinazione (latitudine e longitudine),
7. durata del viaggio (minuti),
8. metri percorsi arrotondati.

In aggiunta alle variabili sopra elencate, ne sono state calcolate altre considerate cruciali per le analisi, come la fascia oraria di partenza e arrivo (mattina, pomeriggio, sera, notte), il giorno della settimana, il mese e la stagione dell'anno.

### 2.1.2 Meteo

Un altro aspetto fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi della tesi consiste nell'analizzare i movimenti e i percorsi delle biciclette in relazione alle condizioni meteorologiche. I dati meteorologici, scaricati dal sito dell'ARPAV[1], forniscono una vasta gamma di informazioni sulle condizioni atmosferiche, rilevate da stazioni meteorologiche dislocate su un territorio specifico. Questi dati includono parametri come temperatura, umidità relativa, precipitazioni, velocità e direzione del vento, pressione atmosferica e altri elementi significativi per il monitoraggio del clima.

Per scaricare i dati meteorologici dall'ARPAV è stato necessario individuare la pagina web, quindi l'URL, contenente i dati desiderati sul sito dell'ARPAV. Successivamente, si è utilizzato come linguaggio di programmazione Python insieme a librerie come BeautifulSoup o Scrapy per scrivere uno script che eseguisse il web scraping della pagina web. Analizzando la struttura della pagina web, è stato possibile identificare gli elementi HTML che contengono i dati meteorologici, come tabelle o paragrafi strutturati. Utilizzando le librerie di web scraping, è stato possibile estrarre i dati desiderati dagli elementi HTML identificati e salvarli in un formato appropriato, come un file Excel. È stato di fondamentale importanza risolvere eventuali problemi relativi alla gestione delle richieste HTTP, alla gestione degli errori e al rispetto delle politiche del sito web riguardo al web scraping.

Dopo aver scaricato i dati meteorologici, sono state selezionate e utilizzate solamente le variabili ritenute più rilevanti per la ricerca, quali la temperatura media e le precipitazioni (in mm).

### 2.1.3 Ripartizione geografica

Un ultimo aspetto cruciale su cui ci si è soffermati è stato la ripartizione geografica del Comune di Venezia, necessaria per creare in seguito un clustering dei percorsi, come verrà spiegato più avanti.

Per scaricare i dati geografici del Comune di Venezia, è stato necessario navigare sulla piattaforma online ufficiale del comune. Una volta sulla pagina principale del sito, individuata

la sezione dedicata ai dati geografici o alla cartografia, sono state trovate le opzioni per accedere ai dati geografici del Comune di Venezia. Successivamente sono state utilizzate le funzionalità di ricerca o navigazione del sito per individuare i dataset desiderati, che includevano dati sulle divisioni amministrative, sui confini comunali, sui quartieri o altre informazioni geografiche specifiche. Considerando che il dataset rilevante fosse quello riguardante le divisioni amministrative e i confini comunali, è stato possibile procedere al download dei dati attraverso i file zip disponibili seguendo le indicazioni fornite.

È stato importante assicurarsi di rispettare i termini di utilizzo e le restrizioni sul download e sull'uso dei dati geografici forniti dal Comune di Venezia, e di verificare se era richiesta l'autorizzazione o la registrazione per accedere ai dati desiderati.

#### 2.1.4 Problematiche

Durante il processo di analisi dei dati, sono emerse alcune problematiche che hanno richiesto interventi specifici. Una delle principali difficoltà riscontrate ha riguardato la variabile del tempo percorso, che non corrispondeva al tempo di partenza e al tempo di arrivo registrati. Questa incongruenza ha reso necessario il calcolo di una nuova variabile corretta per il tempo percorso ottenuta dalla differenza tra l'orario di arrivo e l'orario di partenza utilizzando il comando `difftime`. Questo comando permette di determinare il tempo trascorso tra due timestamp, fornendo così una misura accurata della durata del viaggio.

Un'altra problematica riscontrata è stata relativa la distanza percorsa in alcune tratte in bicicletta. In particolare, il 2% dei dati mostrava una distanza pari a zero, nonostante i punti di partenza e arrivo fossero chiaramente differenti.

Per capire meglio questa discrepanza, è stato necessario contattare l'azienda responsabile della raccolta dei dati: il problema è derivato dal fatto che il percorso effettivo della bici non veniva salvato. Di conseguenza, la distanza registrata si basava unicamente sulla distanza lineare tra il punto di partenza e il punto di arrivo. Inoltre, è stato confermato che la posizione GPS utilizzata per registrare i dati non era molto accurata, contribuendo ulteriormente alle inesattezze nelle misurazioni della distanza.

Per risolvere questa problematica e ottenere una misura più precisa della distanza percorsa, è stata calcolata una nuova variabile utilizzando il comando `distVincentyEllipsoid` della libreria `geosphere`. Questo comando calcola la distanza tra due punti geodetici sulla superficie terrestre, tenendo conto della forma ellissoidale della Terra, offrendo così una stima molto più accurata della distanza reale percorsa.

Un'ultima problematica, forse la più rilevante, è collegata alla presenza di outlier geografici

nei dati relativi ai percorsi in bicicletta all'interno del Comune di Venezia: infatti, circa il 10% dei dati presenti nel dataset iniziale non riguardava gli spostamenti nella terraferma veneziana, oggetto di studio del seguente elaborato, bensì viaggi all'interno di municipalità insulari quali Lido-Pellestrina e Venezia-Murano-Burano.

Da un lato, infatti, erano presenti dati relativi a viaggi circoscritti nelle Isole del Lido e di Pellestrina (facenti parte dell'omonima municipalità Lido-Pellestrina). Vigendo il divieto imposto dal Comune di trasportare le biciclette in vaporetto, i dati relativi a tali viaggi riguardavano corse effettuate esclusivamente con mezzi utilizzabili all'interno delle due isole e pertanto non riguardanti in alcun modo la mobilità sulla terraferma.

Similmente si può dire anche delle corse che iniziavano a Mestre e terminavano a Piazzale Roma (o viceversa), percorrendo il Ponte della Libertà. Anche tali viaggi, infatti, prevedevano un collegamento tra la terraferma e la municipalità di Venezia-Murano-Burano., all'interno della quale non possono essere utilizzate biciclette, se non fino e da Piazzale Roma.

Per l'obiettivo dell'analisi, focalizzato sull'utilizzo del bikesharing nella terraferma veneziana, in accordo con il Comune di Venezia si è deciso di eliminare tutte le osservazioni riguardanti i casi sopra citati di outlier geografici rispetto all'area di riferimento. Si è ottenuto in questo modo un dataset finale comunque ricco, contenente 203.154 osservazioni ritenute utili per l'analisi.

I dati risultanti da tale lavoro di pulizia hanno permesso di ricavare un quadro più accurato, rappresentativo e corretto dei percorsi effettuati con il servizio di bikesharing a Mestre.

## 2.2 Metodologie

Per scaricare, pulire, modellare e rappresentare graficamente i dati, sono stati utilizzati diversi programmi. RStudio è stato il principale strumento impiegato per la maggior parte delle analisi: tale ambiente di sviluppo integrato ha permesso di eseguire operazioni di pulizia dei dati, creare modelli statistici e generare visualizzazioni grafiche in modo efficiente e flessibile.

Parallelamente, Python è stato utilizzato specificamente per il web scraping delle condizioni meteorologiche. Grazie alle sue potenti librerie, come BeautifulSoup e Scrapy, è stato possibile automatizzare il processo di estrazione dei dati meteorologici dai siti web, successivamente integrati con i dati di mobilità, attraverso l'uso di RStudio, per ottenere un'analisi completa.

L'utilizzo combinato di RStudio e Python ha permesso di sfruttare i punti di forza di entrambi gli strumenti, garantendo un approccio robusto e versatile all'analisi dei dati. Questo approccio, che ha facilitato l'acquisizione, la gestione e la visualizzazione dei dati in modo dettagliato e accurato.

### 2.2.1 Analisi statistiche

La regressione binomiale negativa viene utilizzata per analizzare il numero di corse in bicicletta effettuate per ora ( $Y$ ). Questo tipo di regressione è particolarmente utile quando si analizzano dati di conteggio con dispersione superiore, ovvero quando la varianza è maggiore della media. La regressione binomiale negativa è una generalizzazione della regressione di Poisson, che incorpora un parametro aggiuntivo per modellare la sovradisersione nei dati.

Nella regressione binomiale negativa, la distribuzione della variabile dipendente  $Y$  è modellata come segue:

$$Y_i \sim \text{NB}(\mu_i, \theta)$$

dove  $Y_i$  rappresenta il numero di corse per ora,  $\mu_i$  è il valore atteso di  $Y_i$  e  $\theta$  è il parametro di dispersione. Il valore atteso  $\mu_i$  è collegato alle variabili esplicative tramite la funzione di collegamento logaritmica:

$$\log(\mu_i) = \mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}$$

dove  $\mathbf{X}_i$  è il vettore delle covariate per l'osservazione  $i$  e  $\boldsymbol{\beta}$  è il vettore dei coefficienti da stimare. In altre parole, la regressione binomiale negativa permette di modellare la relazione tra il numero di corse per ora e un insieme di variabili esplicative, tenendo conto della possibile sovradisersione.

Il termine di errore nella regressione binomiale negativa segue una distribuzione Gamma, il che consente di gestire la sovradisersione nei dati. La funzione di probabilità per un singolo dato  $Y_i$  è data da:

$$P(Y_i = y) = \frac{\Gamma(y + \theta)}{\Gamma(y + 1)\Gamma(\theta)} \left( \frac{\theta}{\theta + \mu_i} \right)^\theta \left( \frac{\mu_i}{\theta + \mu_i} \right)^y$$

dove  $\Gamma$  è la funzione Gamma. Questo modello è utilizzato quando i dati presentano un'elevata varianza rispetto alla media, rendendo la regressione di Poisson inadeguata. La regressione binomiale negativa permette di ottenere stime più accurate dei parametri e una migliore interpretazione delle relazioni tra le variabili nel contesto dell'analisi delle corse in bicicletta per ora.



## Splines di Regressione

Le splines di regressione sono strumenti statistici utilizzati per modellare relazioni non lineari tra la variabile dipendente e una o più variabili esplicative (come si vedrà successivamente per variabili quali temperatura e ora del giorno). Le splines suddividono il dominio delle variabili esplicative in intervalli e utilizzano polinomi di grado inferiore per adattare i dati all'interno di ciascun intervallo, garantendo una transizione continua e liscia tra gli intervalli.

Le splines cubiche sono tra le più comuni e possono essere rappresentate come:

$$\mu_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + \sum_{k=1}^K \gamma_k (X_i - \kappa_k)_+^3$$

dove  $(X_i - \kappa_k)_+ = \max(0, X_i - \kappa_k)$  e  $\kappa_k$  sono i nodi (punti di suddivisione). Le splines cubiche forniscono una grande flessibilità nel modellare la relazione tra le variabili, mantenendo al contempo la continuità e la derivabilità fino al secondo ordine.

## Effetti Casuali

Nel contesto in cui ci si ritrova, è utile considerare gli effetti casuali per tenere conto della variabilità tra diversi utenti e percorsi. Gli effetti casuali permettono di modellare la dipendenza dei dati all'interno dei gruppi (ad esempio, diverse corse lungo lo stesso percorso) introducendo termini di errore specifici per ciascun gruppo.

Un modello di regressione binomiale negativa con effetti casuali può essere scritto come:

$$\log(\mu_{ij}) = \mathbf{X}_{ij}\boldsymbol{\beta} + v_j$$

dove:

- $\mu_{ij}$  è il valore atteso di  $Y_{ij}$  per l'osservazione  $j$  dell'utente  $i$ .
- $\mathbf{X}_{ij}$  è il vettore delle covariate per l'osservazione  $j$  dell'utente  $i$ .
- $v_j$  è l'effetto casuale per il percorso  $j$ , con  $v_j \sim \mathcal{N}(0, \sigma_v^2)$ .

Incorporando splines di regressione ed effetti casuali nel modello di regressione binomiale negativa, è possibile ottenere una rappresentazione più accurata e flessibile delle relazioni tra le variabili, migliorando la capacità del modello di catturare le dinamiche complesse nei dati delle corse in bicicletta.

## 2.2.2 Clustering

Il clustering gerarchico è una tecnica utilizzata per raggruppare dati in una struttura a livelli, creando una gerarchia di cluster. Esistono due approcci principali: l'agglomerativo e il divisivo. Nel clustering gerarchico agglomerativo, si parte trattando ogni singolo punto come un cluster separato. Successivamente, i cluster più vicini vengono uniti iterativamente fino a formare un unico grande cluster che include tutti i punti, o fino a quando non viene raggiunto un numero desiderato di cluster. Questo processo è spesso rappresentato attraverso un dendrogramma, un diagramma ad albero che mostra le fusioni dei cluster a vari livelli di similarità. Il clustering divisivo, invece, inizia con tutti i punti raggruppati in un unico cluster. Questo cluster viene poi diviso iterativamente fino a quando ogni punto non appartiene a un cluster separato o fino a raggiungere un certo numero di cluster.

Un aspetto cruciale del clustering gerarchico agglomerativo è il calcolo delle distanze tra i cluster. All'inizio, si calcola la distanza tra tutte le coppie di punti. Quando due cluster vengono uniti, la distanza tra i nuovi cluster e gli altri cluster rimanenti può essere calcolata in diversi modi. Alcuni metodi comuni includono:

- *Single Linkage* (distanza del minimo): la distanza tra i due punti più vicini di ciascun cluster;
- *Complete Linkage* (distanza del massimo): la distanza tra i due punti più lontani di ciascun cluster;
- *Average Linkage* (distanza media): la media delle distanze tra tutti i punti di un cluster e tutti i punti di un altro cluster;
- *Centroid Linkage*: la distanza tra i centroidi (i punti medi) di ciascun cluster.

Nel clustering gerarchico agglomerativo, l'algoritmo inizia calcolando una matrice di distanze che rappresenta la distanza tra ogni coppia di punti. Ad esempio, la distanza euclidea tra due punti  $i$  e  $j$  è calcolata come:

$$d(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

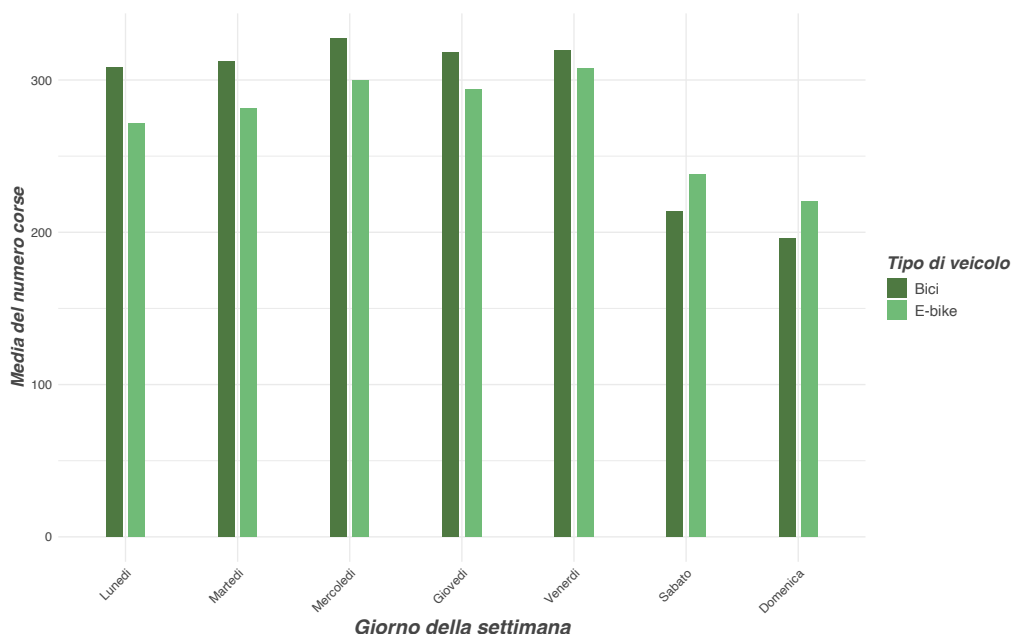
Dopo aver calcolato le distanze iniziali, l'algoritmo cerca i due cluster più vicini e li unisce. Questo processo viene ripetuto, aggiornando la matrice delle distanze ad ogni passo, fino a quando tutti i punti non sono stati raggruppati in un unico cluster o fino a raggiungere il numero desiderato di cluster.

Il dendrogramma è uno strumento visivo che mostra il processo di fusione dei cluster. L'asse verticale rappresenta la distanza o la dissimilarità a cui i cluster vengono uniti, mentre l'asse orizzontale rappresenta i singoli punti o i cluster. Tagliando il dendrogramma a un certo livello di distanza, è possibile ottenere il numero desiderato di cluster.

Per le analisi è stato usato il cluster agglomerativo con il metodo di *complete linkage* per analizzare quali fossero i pattern dei percorsi delle biciclette.

## 2.3 Prime analisi

Si inizia, anzitutto, con delle analisi esplorative per comprendere la composizione del dataset.



**Figura 2.1:** Numero medio di corse per giorno della settimana.

In Figura 2.1, si osserva chiaramente il numero di corse delle biciclette distribuito lungo i giorni della settimana.

Durante i giorni lavorativi (dal lunedì al venerdì), il numero di corse delle biciclette rimane relativamente stabile, con una media di circa 600 corse al giorno. Questo suggerisce un uso consistente delle biciclette probabilmente per spostamenti quotidiani, come il tragitto casa-lavoro o per raggiungere altri luoghi in cui si svolgono attività quotidiane (es. scuole, attività sportive ecc.).

Durante il fine settimana (sabato e domenica), il numero di corse diminuisce significativamente, scendendo di quasi un terzo rispetto ai giorni lavorativi e attestandosi intorno alle

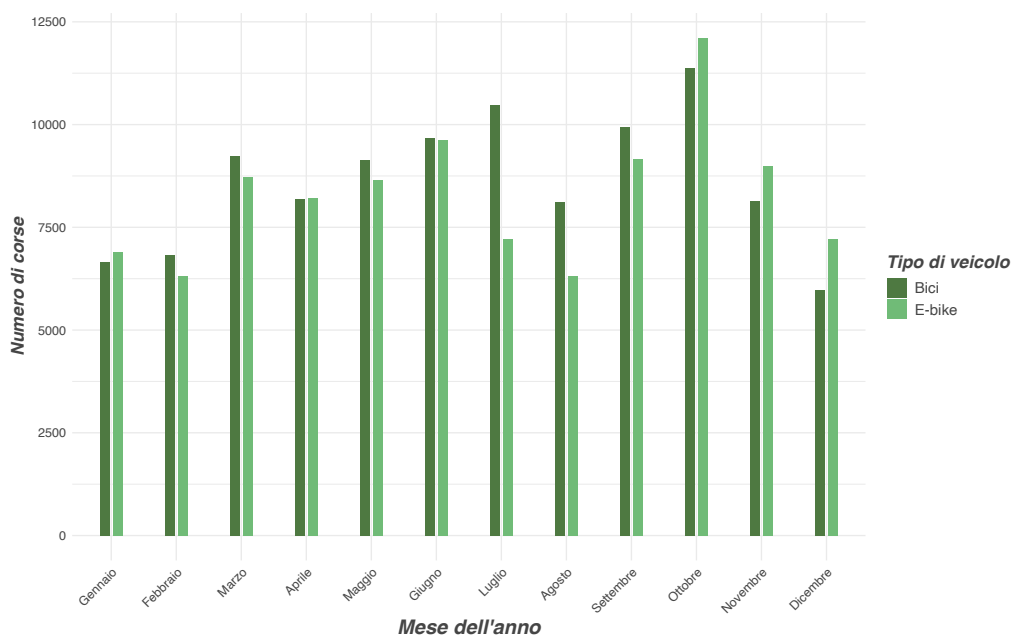
400 corse al giorno. Questo calo potrebbe essere attribuito a una diminuzione degli spostamenti per motivi di lavoro e a un diverso utilizzo delle biciclette per attività ricreative o personali.

In sintesi, il grafico mostra una chiara differenza nell'utilizzo delle biciclette tra i giorni lavorativi e il fine settimana, riflettendo probabilmente le diverse esigenze e abitudini di spostamento delle persone durante questi periodi.

Si nota una leggera differenza tra l'utilizzo di biciclette tradizionali da quelle elettriche, ciò potrebbe dipendere da diversi fattori, tra cui le abitudini delle persone durante la settimana lavorativa e durante i giorni festivi, così come l'accessibilità e la disponibilità delle biciclette elettriche (ebike) rispetto alle biciclette tradizionali. Un ulteriore aspetto potrebbe riguardare la differenza di costo del servizio. Come già visto in precedenza, il costo dell'e-bike è quasi doppio rispetto al costo di una bici tradizionale, a parità di tempo di utilizzo.

Durante i giorni feriali, molte persone potrebbero utilizzare la bicicletta come mezzo di trasporto per recarsi al lavoro o per fare commissioni quotidiane. La bicicletta tradizionale potrebbe essere preferita per brevi tragitti, specialmente se la distanza non è troppo lunga e se non ci sono pendenze significative lungo il percorso.

D'altro canto, durante i giorni festivi le persone potrebbero avere più tempo libero e potrebbero utilizzare la bicicletta per scopi ricreativi, come fare gite in bicicletta in aree panoramiche o per esplorare nuove zone. In queste situazioni, le ebike potrebbero essere preferite per via della loro capacità di affrontare distanze più lunghe e terreni più impegnativi con meno sforzo fisico.



**Figura 2.2:** Numero di corse per i mesi dell'anno.

La Figura 2.2 mostra la media del numero di corse di biciclette a noleggio durante i vari mesi dell'anno. Analizzando i dati, si possono osservare diverse tendenze interessanti, con picchi e cali evidenti in determinati periodi dell'anno.

In particolare, si nota un aumento significativo delle corse nei mesi di maggio e giugno. Questo può essere attribuito al clima primaverile particolarmente favorevole, con temperature miti e giornate più lunghe che rendono piacevole l'uso della bicicletta. Inoltre, questo periodo coincide con la fine delle scuole e l'inizio delle vacanze estive, incentivando sia i residenti che i turisti a utilizzare le biciclette per spostarsi.

Dopo un leggero calo in agosto, il numero di corse risale in settembre e ottobre. Questo è giustificabile dovuto alla ripresa delle attività lavorative e scolastiche dopo le vacanze estive. Le temperature di settembre e ottobre sono ancora miti e piacevoli, favorendo l'uso delle biciclette. Inoltre, questi due mesi segnano l'inizio di molti eventi e festival locali, aumentando l'afflusso di persone che utilizzano il noleggio biciclette per spostarsi agilmente.

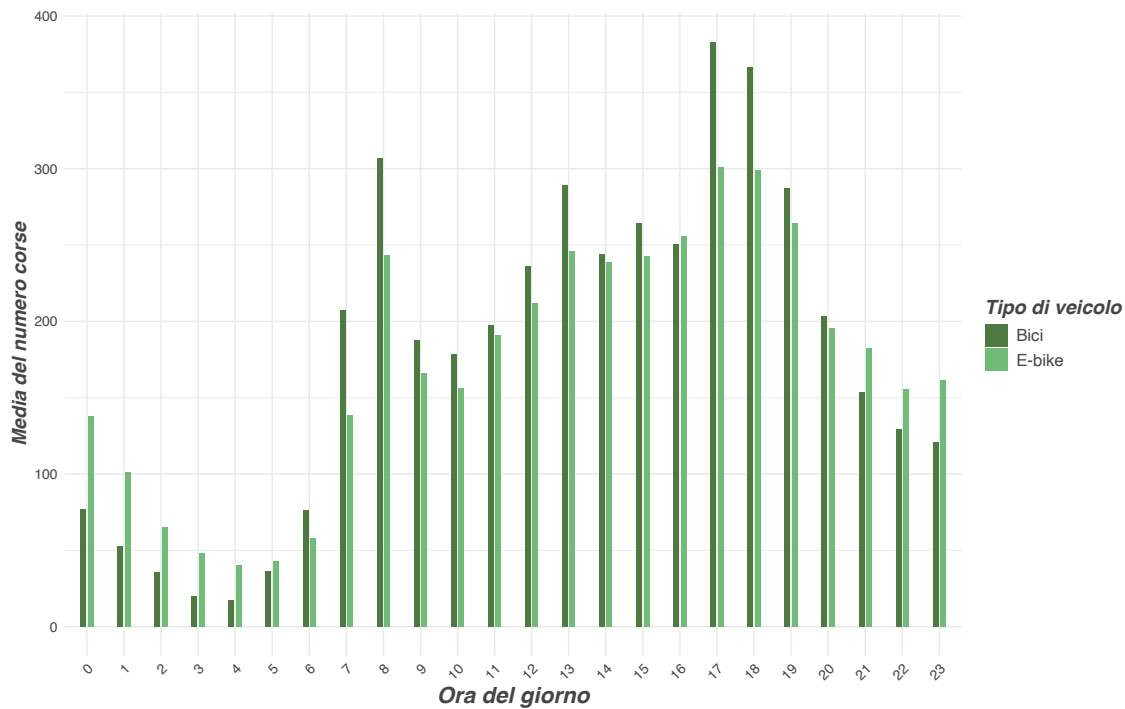
D'altra parte, i mesi invernali di gennaio e febbraio mostrano il numero più basso di corse. Questo è prevedibile a causa delle condizioni meteorologiche meno favorevoli, con temperature fredde, pioggia e possibile neve, che scoraggiano l'uso delle biciclette (si vedrà più avanti). La minor quantità di luce diurna contribuisce ulteriormente alla riduzione delle corse.

Nonostante sia un mese estivo, agosto mostra un calo nel numero di corse rispetto a giugno e luglio. Questo può essere spiegato dal fatto che agosto è un mese di vacanza per molti, durante il quale i residenti potrebbero lasciare la città per le ferie estive, riducendo l'uso delle biciclette. Inoltre, il clima può essere molto caldo, scoraggiando l'attività fisica intensa.

Nei mesi estivi (luglio, agosto e settembre), le biciclette tradizionali potrebbero essere preferite perché le condizioni meteorologiche sono generalmente più favorevoli, con giornate più lunghe, temperature più calde e meno pioggia rispetto ai mesi invernali. Queste condizioni rendono più piacevole e confortevole l'uso della bicicletta e possono incoraggiare le persone a pedalare di più per fare escursioni, andare al mare o semplicemente per godersi il bel tempo.

D'altro canto, durante i mesi invernali, le condizioni meteorologiche possono essere più avverse, con temperature più fredde, pioggia, neve o ghiaccio, a seconda della regione. In queste circostanze, le ebike possono essere preferite perché offrono un maggiore supporto per affrontare le sfide del terreno e del clima.

Inoltre, durante i mesi invernali, le giornate sono più corte e le persone potrebbero preferire un mezzo di trasporto che richieda meno sforzo fisico e permetta di coprire distanze più lunghe più rapidamente, specialmente se si spostano in condizioni di luce scarsa o di buio.



**Figura 2.3:** Numero medio di corse per gli orari del giorno.

In Figura 2.3 si possono osservare gli andamenti medi del numero di corse di biciclette a noleggio durante le diverse ore del giorno. Analizzando i dati, si possono osservare, anche in questo caso, diverse tendenze interessanti, con picchi e cali evidenti in determinati momenti della giornata.

Il primo picco significativo si verifica intorno alle 8 del mattino. Questo può essere attribuito al fatto che molte persone usano le biciclette per andare al lavoro o a scuola, sfruttando questo mezzo di trasporto ecologico e conveniente per gli spostamenti durante le ore di punta mattutine. La bicicletta è spesso preferita per evitare il traffico e le congestioni tipiche delle prime ore del giorno.

Durante le ore centrali della giornata, tra le 9 e le 16, si osserva una flessione nel numero di corse. Questo calo può essere spiegato dal fatto che molte persone sono già arrivate al lavoro o a scuola e rimangono in quegli ambienti per la maggior parte della giornata. Tuttavia, un certo livello di attività continua, probabilmente dovuto a coloro che usano le biciclette per commissioni, pranzi fuori o altre attività quotidiane.

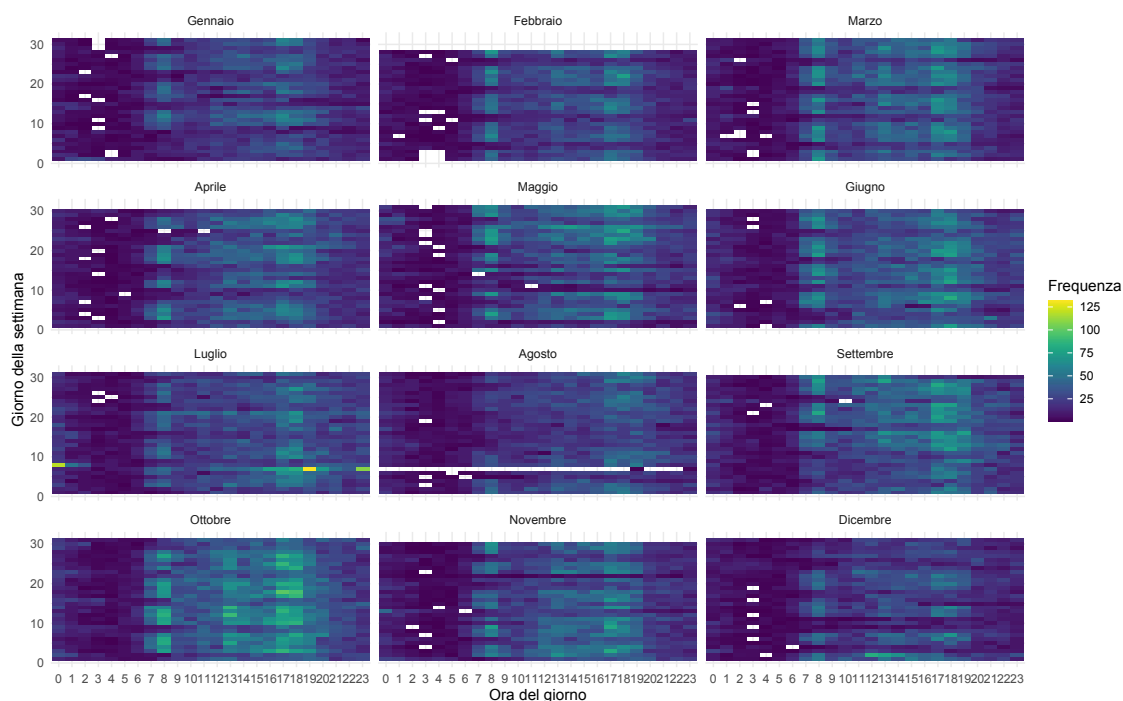
Un secondo picco si osserva tra le 13 e le 14 e potrebbe coincidere con l'aumento di corse utilizzate dagli studenti che escono da scuola. Similmente accade dalle 17 alle 18, orari che tradizionalmente corrispondono con la fine della giornata lavorativa e con il rientro delle persone a casa. Come al mattino, le biciclette sono un mezzo popolare per gli spostamenti negli orari di punta, aiutando a evitare il traffico e fornendo un'opzione di trasporto salutare

e spesso più veloce.

Dopo le 19, il numero di corse comincia a diminuire gradualmente, con un ulteriore calo significativo dopo le 20. Questo calo è comprensibile, poiché la maggior parte delle persone è già tornata a casa e ha terminato le attività principali della giornata. Durante la notte, tra le 23 e le 5, il numero di corse è molto basso, riflettendo il fatto che poche persone utilizzano le biciclette a noleggio durante le ore notturne, sia per ragioni di sicurezza che per la diminuzione delle attività sociali e lavorative.

Durante il giorno, dalle 7 del mattino alle 8 di sera, le persone preferiscono probabilmente le biciclette tradizionali per spostamenti quotidiani più brevi, esercizio fisico e condizioni di luce favorevoli. Di notte, dalle 9 di sera alle 6 di mattina, le ebike sono più utilizzate grazie all'assistenza elettrica che rende più agevoli i viaggi in condizioni di scarsa visibilità e offre maggiore comodità per affrontare distanze più lunghe senza affaticarsi.

Il grafico evidenzia una chiara ciclicità giornaliera nell'uso delle biciclette a noleggio, con due picchi principali durante le ore di punta del mattino e della sera, e un'attività ridotta durante le ore centrali della giornata e la notte.



**Figura 2.4:** Numero di viaggi effettuati per mese, per ora, per giorno. I dati partono da agosto 2022 ad agosto 2023. La scala dei colori è in decili.

In Figura 2.4 si ottiene una sintesi visiva dell'andamento delle corse di biciclette a noleggio, combinando i dati dei tre grafici precedentemente analizzati. Questa heatmap rappresenta l'intensità dell'uso delle biciclette in diversi momenti della giornata, nei vari giorni della

settimana e mesi dell'anno.

Un aspetto significativo della heatmap è la presenza di caselle vuote, prive di colore. Queste caselle indicano che, per quell'ora specifica in quel giorno di quel mese, il numero di corse è pari a zero. Questo fenomeno si verifica prevalentemente nelle ore notturne, quando l'uso delle biciclette è naturalmente molto basso o inesistente. Le condizioni di scarsa illuminazione, il rischio percepito e la riduzione delle attività sociali e lavorative durante la notte contribuiscono a questa assenza di corse.

Un evento interessante rilevato dalla heatmap è il picco di utilizzo serale del 7 luglio 2023 e la mattina del giorno successivo. Il 7 luglio, alle 19:30, si è tenuto Il concerto del gruppo Pinguini Tattici Nucleari al Parco San Giuliano di Mestre: naturalmente questo evento, che ha attirato a Mestre oltre 60mila persone, ha causato un aumento significativo nell'uso delle biciclette a noleggio, poichè in primo luogo, eventi di grande richiamo come i concerti attirano un elevato numero di persone, molte delle quali potrebbero scegliere di utilizzare la bicicletta per evitare il traffico intenso e le difficoltà di parcheggio associate a tali manifestazioni. Inoltre, le biciclette offrono un mezzo di trasporto rapido e conveniente per raggiungere il luogo dell'evento, soprattutto in una città come Mestre, dove la rete di piste ciclabili è ben sviluppata.

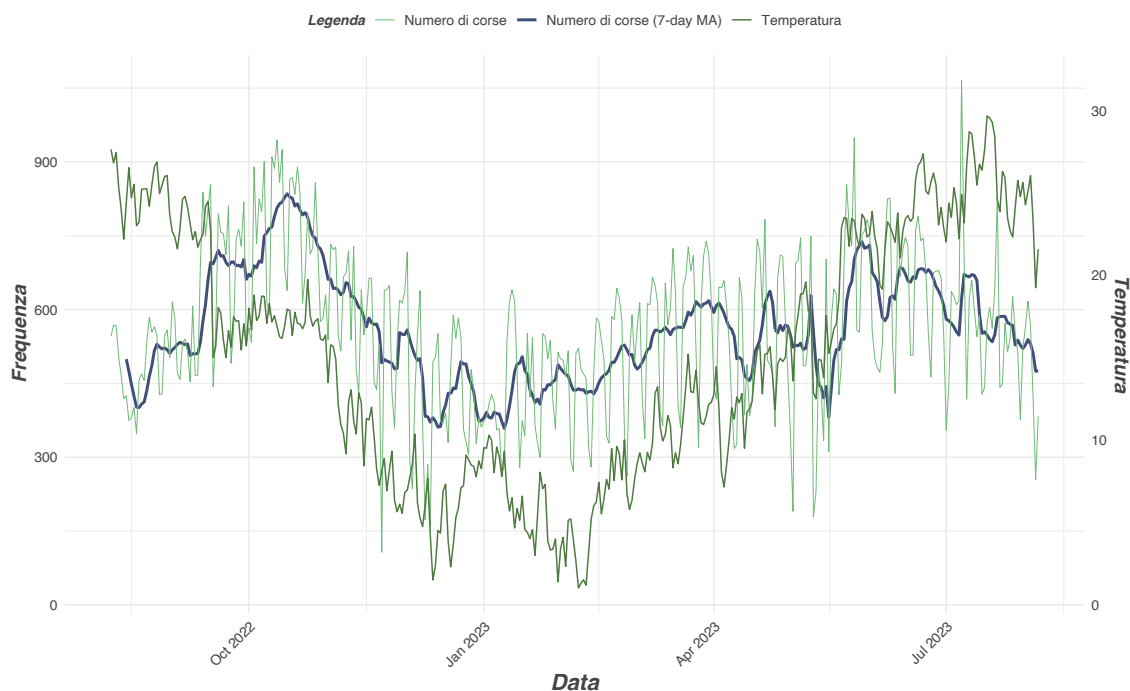
Riassumendo, la heatmap evidenzia chiaramente come l'uso delle biciclette a noleggio sia influenzato da vari fattori stagionali e giornalieri, aspetti che si erano visti in maniera più dettagliata precedentemente. I picchi di utilizzo si osservano principalmente durante le ore di punta mattutine e serali, riflettendo gli spostamenti quotidiani delle persone per lavoro e scuola. L'aumento dell'uso delle biciclette in primavera ed estate è dovuto alle condizioni climatiche favorevoli e alle attività ricreative, mentre i cali durante le ore notturne e nei mesi invernali sono attribuibili alle condizioni climatiche avverse e alle abitudini sociali. Eventi specifici, come il concerto del 7 luglio 2023, possono causare variazioni significative nel pattern di utilizzo delle biciclette, dimostrando come l'organizzazione di eventi di grande richiamo possa influenzare temporaneamente l'uso dei mezzi di trasporto pubblico e a noleggio.

## 2.4 Meteo

Si riporta di seguito un'analisi dei dati collegati al meteo, con particolare attenzione alla relazione tra il numero di corse, la temperatura e le precipitazioni.

La Figura 2.5 mostra chiaramente come il numero di corse subisca notevoli fluttuazioni in





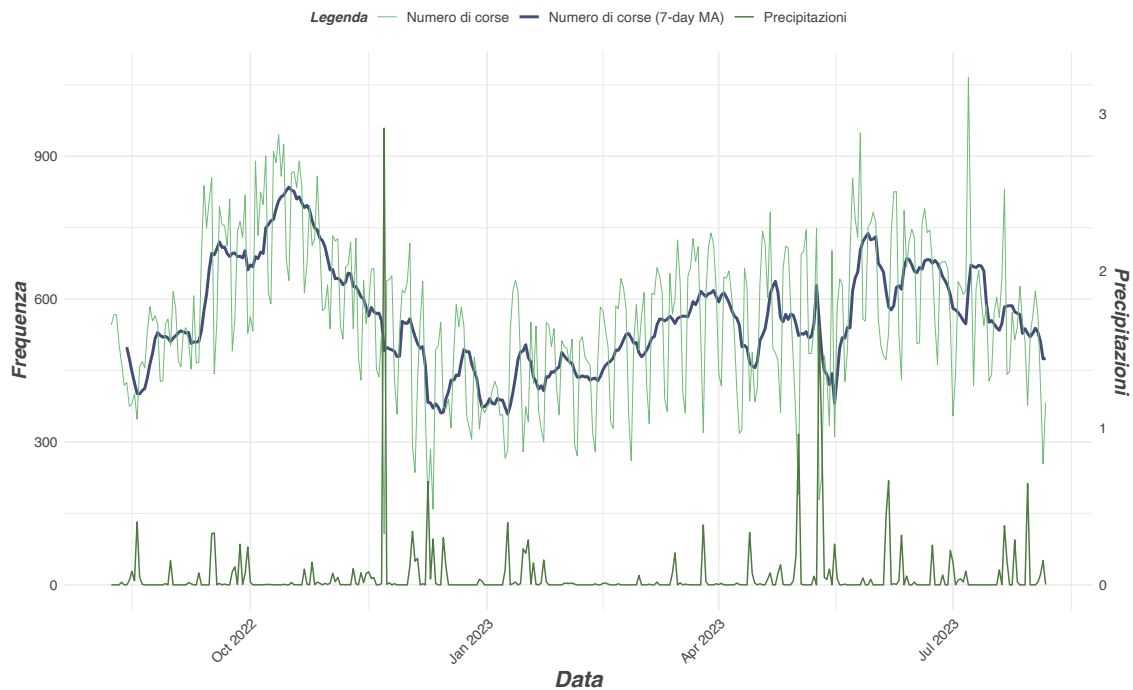
**Figura 2.5:** Serie temporale del numero di viaggi al giorno (in verde chiaro), includendo una media mobile di 7 giorni (in blu), con la temperatura (in verde scuro). La linea temporale parte da agosto 2022 fino ad agosto 2023.

relazione alla temperatura. In particolare, si osservano dei picchi nei periodi con temperature moderate e dei cali significativi durante gli estremi di temperatura, sia alte che basse. La linea blu rappresenta la media mobile a 7 giorni del numero di corse, che aiuta a smussare le variazioni giornaliere, a evidenziare le tendenze a lungo termine e consente di osservare con maggiore chiarezza le fluttuazioni stagionali e l'impatto complessivo della temperatura sulle corse.

L'analisi suggerisce che esiste una correlazione tra il numero di corse e la temperatura. I picchi di corse si verificano durante le temperature moderate, indicando una maggiore predisposizione degli utenti a utilizzare il servizio di bike sharing in condizioni climatiche favorevoli. Al contrario, temperature estremamente alte o basse portano a un calo delle corse, probabilmente a causa del disagio associato a queste condizioni.

La Figura 2.6 evidenzia che il numero di corse è fortemente influenzato dalle precipitazioni, con una marcata diminuzione delle corse durante i giorni di pioggia: tutto ciò è comprensibile, poiché le condizioni di maltempo scoraggiano l'utilizzo delle biciclette. Tuttavia, è interessante notare che l'andamento generale del numero di corse sembra essere maggiormente influenzato dalla temperatura piuttosto che dalle precipitazioni.

Nonostante vi siano alcuni giorni di pioggia intensa, le precipitazioni non sono state frequenti nel periodo analizzato. Questo suggerisce che altri fattori, come la temperatura, possano



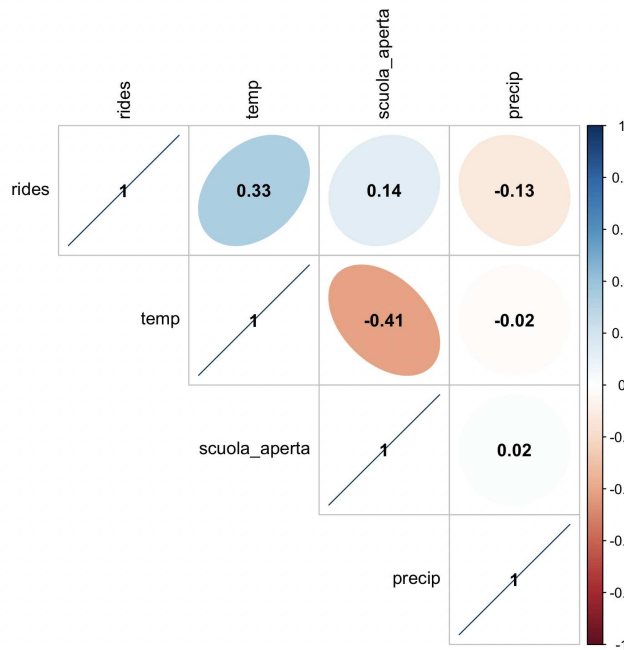
**Figura 2.6:** Serie temporale del numero di viaggi al giorno (in verde chiaro), includendo una media mobile di 7 giorni (in blu), con precipitazioni (in verde scuro). La linea temporale parte da agosto 2022 fino ad agosto 2023.

avere un impatto più significativo sull'utilizzo del servizio di bike sharing. Nei giorni con temperature moderate, il numero di corse tende a essere più alto, indicando che gli utenti preferiscono utilizzare il servizio in condizioni climatiche favorevoli, indipendentemente dalla presenza occasionale di precipitazioni.

In sintesi, mentre le precipitazioni hanno un impatto negativo immediato sul numero di corse, riducendo l'utilizzo del servizio durante i giorni di pioggia, la temperatura sembra avere un'influenza più consistente e duratura sulle tendenze generali dell'utilizzo del bike sharing.

### 2.4.1 Correlazioni

La Figura 2.7 rappresenta una matrice di correlazione che illustra le relazioni tra diverse variabili: *rides* (corse), *temp* (temperatura), *precip* (precipitazioni), *scuola\_aperta* (università e scuole aperte), e "weekend". I colori nel grafico variano dal rosso al blu, dove il rosso indica una correlazione negativa e il blu una correlazione positiva. L'intensità del colore riflette la forza della correlazione: più il colore è intenso, più forte è la correlazione. La scala dei colori sulla destra del grafico va da -1 a 1, dove -1 rappresenta una correlazione negativa perfetta e 1 una correlazione positiva perfetta.



**Figura 2.7:** Correlazione di Spearman tra il numero di corse, la temperatura media, le probabili precipitazioni e l’apertura delle istituzioni educative (comprese le sessione d’esame). La temperatura e l’apertura dell’università hanno una correlazione positiva con il numero di corse, il che non avviene per la pioggia.

Analizzando le correlazioni, possiamo osservare che le corse delle bici mostrano una correlazione positiva con la temperatura (circa 0.33), suggerendo che le persone tendono a usare di più le biciclette quando fa più caldo. Inoltre, le corse presentano una leggera correlazione negativa con le precipitazioni (circa -0.13), il che implica che la pioggia tende a scoraggiare l’uso delle bici. Vi è anche una leggera correlazione positiva con l’apertura delle istituzioni educative (circa 0.14), indicando che l’uso delle biciclette aumenta leggermente durante i periodi in cui l’università e le scuole sono aperte.

In sintesi, le corse delle biciclette sono influenzate in maniera significativa dalla temperatura, con un leggero effetto deterrente delle precipitazioni.

## 2.5 Conclusioni

Le prime analisi condotte sul dataset riguardante l’utilizzo delle biciclette a noleggio hanno evidenziato diverse tendenze e correlazioni significative con vari fattori, in particolare la temperatura e le precipitazioni.

In primo luogo, è emerso chiaramente che l’utilizzo delle biciclette varia significativamente in base al giorno della settimana e al periodo dell’anno. Durante i giorni lavorativi si registra una maggiore affluenza, probabilmente legata agli spostamenti casa-lavoro, mentre

durante il fine settimana si osserva una diminuzione delle corse, suggerendo un utilizzo più orientato al tempo libero e alle attività ricreative. Inoltre, l'analisi mensile ha evidenziato picchi di utilizzo durante la primavera e l'estate, quando le condizioni climatiche sono più favorevoli, e un calo durante i mesi invernali.

Le analisi delle ore del giorno hanno confermato una chiara ciclicità nell'utilizzo delle biciclette, con picchi durante le ore di punta mattutine e serali, mentre le ore centrali della giornata e la notte registrano un'attività ridotta. Questi pattern sono stati interpretati in relazione alle abitudini quotidiane delle persone, come gli spostamenti casa-lavoro/istituti scolastici e le attività ricreative serali.

La heatmap ha fornito una sintesi visiva dell'andamento delle corse nel corso del tempo, evidenziando l'impatto dei fattori stagionali e giornalieri sull'utilizzo delle biciclette. Eventi specifici, come concerti o festival, sono emersi come potenziali influenze temporanee sul pattern di utilizzo delle biciclette.

Infine, l'analisi della correlazione ha confermato che la temperatura ha un impatto significativo sul numero di corse, con un aumento dell'utilizzo durante le temperature moderate e una diminuzione durante gli estremi climatici. Le precipitazioni, sebbene abbiano un impatto immediato sul numero di corse durante i giorni di pioggia, sembrano avere un'influenza meno consistente rispetto alla temperatura sull'andamento generale dell'utilizzo del servizio di bike sharing.

In conclusione, le analisi condotte forniscono una panoramica dettagliata dei fattori che influenzano l'utilizzo delle biciclette a noleggio, fornendo informazioni preziose per le successive analisi.

# Cluster Analysis e modellistica

---

In questo capitolo verranno descritti il procedimento dell'analisi dei cluster e la parte di modellistica con i relativi risultati. Si esplorano i movimenti delle biciclette e i pattern di utilizzo in base a vari fattori come il giorno della settimana, l'ora del giorno e il periodo dell'anno. Verranno esaminati i flussi di biciclette nelle diverse zone di Mestre, identificando le aree con maggior traffico ciclistico e le ragioni alla base di questi flussi.

La prima parte del capitolo si concentra sull'analisi dei cluster, illustrando la metodologia utilizzata per identificare gruppi di utilizzo omogenei e i risultati di questa analisi.

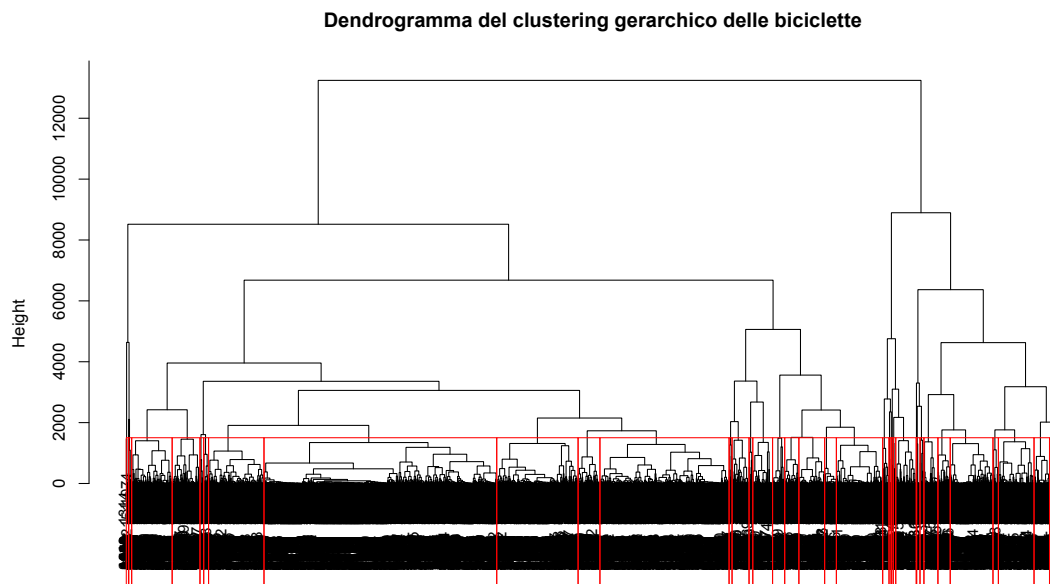
Nella seconda parte del capitolo, verrà introdotta la modellistica con l'utilizzo della regressione binomiale negativa. Saranno mostrati i risultati di questo modello, interpretando i coefficienti e spiegando come variabili quali il tempo, l'orario e l'apertura o meno delle infrastrutture scolastiche influiscono sui flussi di biciclette.

## 3.1 Cluster Analysis

Per prima cosa, è stato estratto un campione casuale di 5000 righe dal dataset originale per ridurre il volume di dati da analizzare, mantenendo comunque una rappresentazione significativa del dataset.

Successivamente, sono state calcolate le distanze tra le coordinate spaziali dei punti nel sottoinsieme di dati. Questo passaggio è fondamentale per il clustering, poiché determina quanto sono vicini tra loro i punti. È stato quindi applicato il clustering gerarchico utilizzando il metodo *complete linkage*, che crea una gerarchia di cluster unendo i punti più simili tra loro e formando cluster sempre più grandi fino a ottenere un singolo cluster che include tutti i punti.

Il dendrogramma in Figura 3.1 è stato creato per visualizzare la gerarchia dei cluster, mostrando come i punti vengono uniti in cluster a vari livelli di somiglianza. Successivamente, è stato deciso di suddividere i dati in un certo numero di cluster, in questo caso 37, "tagliando" il dendrogramma a un determinato livello per ottenere il numero desiderato di cluster. Ogni punto nel sottoinsieme è stato quindi assegnato a uno dei 37 cluster determinati. Per ogni cluster, sono stati calcolati i centroidi, ossia i punti medi che rappresentano il centro geometrico di ciascun cluster.



**Figura 3.1:** Dendrogramma del clustering gerarchico con la divisione in rosso dei vari cluster.

Successivamente, sono state calcolate le distanze tra i centroidi dei cluster e tutti gli altri punti del dataset originale non inclusi nel sottoinsieme. Ogni punto rimanente è stato assegnato al cluster il cui centroide è più vicino, completando così l'assegnazione dei cluster per l'intero dataset.

La Figura 3.2 mostra tutti i punti del dataset colorati in base al cluster di appartenenza, inclusi i punti rimanenti, con l'etichettatura dei centroidi.

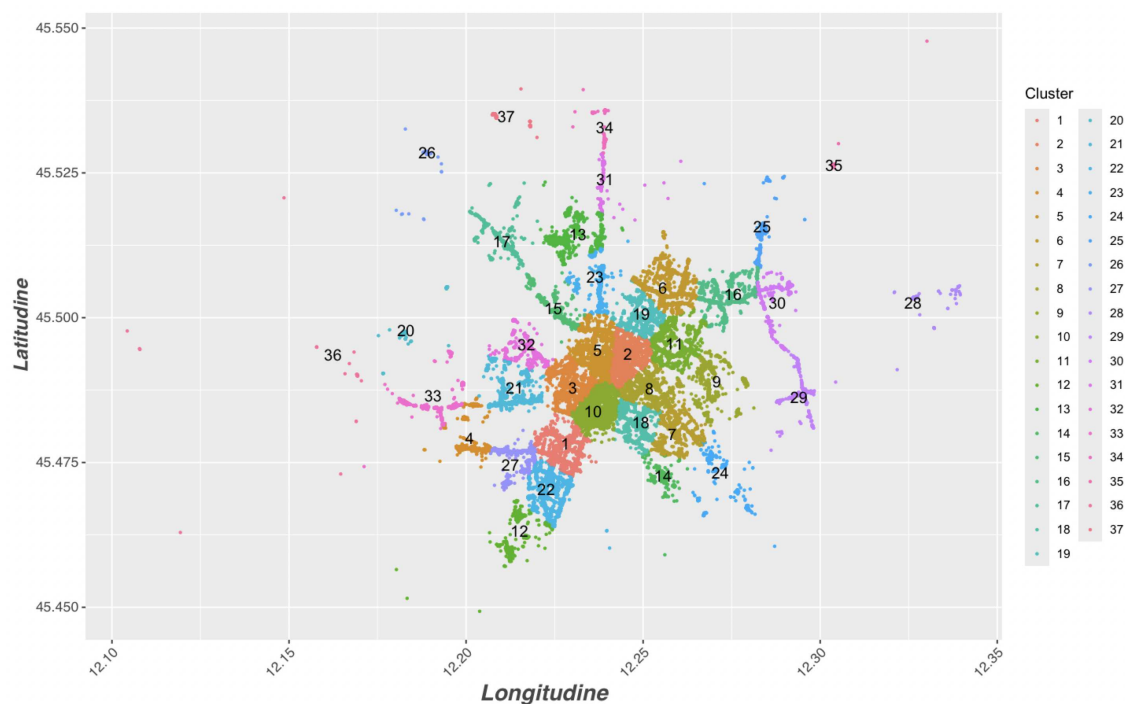
Infine, si sono calcolate le distanze tra i punti di arrivo nel dataset e i centroidi dei cluster determinati durante il clustering delle partenze. Ogni punto di arrivo viene quindi assegnato al cluster con il centroide più vicino.

In questo modo, è stato utilizzato un approccio di clustering gerarchico per suddividere un campione di dati in cluster, determinare i centroidi di ciascun cluster e poi assegnare tutti i dati rimanenti al cluster più vicino in base alla distanza dai centroidi. Questo processo ha permesso di organizzare i dati in gruppi coerenti, facilitando l'analisi delle loro caratteristiche comuni.

Utilizzando OpenStreetMap<sup>1</sup> in RStudio, è stato possibile denominare i cluster ottenuti. Questo è stato fatto attraverso valutazioni manuali e incrociate delle posizioni geografiche

---

<sup>1</sup><https://www.openstreetmap.org/>



**Figura 3.2:** Clustering dei punti di partenza delle bici a Mestre.

delle osservazioni presenti nel dataset<sup>2</sup>.

I luoghi più comuni di partenza e arrivo per le corse sono le seguenti:

- Mestre Stazione - Quartiere scolastico Mestre con il 22,86%: è un importante snodo di trasporto per chi si muove dentro e fuori Venezia, grazie alla presenza della stazione ferroviaria di Mestre. Questo quartiere scolastico ospita diverse scuole e istituti educativi che attraggono molti studenti e personale scolastico, e offre numerosi servizi e buoni collegamenti di trasporto pubblico.
- Mestre Centro con l'11,13%: è l'area commerciale e amministrativa della città. Con numerosi negozi, ristoranti e uffici, attira molti lavoratori e visitatori. Inoltre, ospita frequentemente eventi e manifestazioni che possono attirare un gran numero di persone;

<sup>2</sup>Le destinazioni sono state assegnate ai seguenti cluster: Marghera (Cluster 1), Mestre Centro (2), Parco Piraghetto (3), Parco Catene (4), Area Ex Ospedale - Piazza Donatori Di Sangue (5), Venezia Carpanedo (6), Campus Scientifico-Quartieri (San Giuseppe, San Teodoro,...) (7), San Marco Cattaneo (8), Liceo Stefanini e Istituto Gritti - Palasport Taliercio (9), Mestre Stazione - Quartiere scolastico Mestre (10), Quartiere scolastico Bissuola - Parco Alfredo Albanese (11), Salamonio Marghera - Nave de Vero (12), Venezia Mestre Ospedale (13), Porto Marghera (14), Cipressina (15), Via San Donà (Favaro Veneto) (16), Zelarino (17), Via Torino (con Interspar) (18), Cimitero - Via Ca Rossa (19), Asseggiano (20), Via Miranese - Quartiere scolastico via Asseggiano (21), Via Cesare Beccaria (22), Via Terraglio (23), Parco San Giuliano (24), Via Altinia (25), Trivignano (26), Hu Venezia Camping - via Trieste (27), Aeroporto Marco Polo (28), Campalto (29), Via Triestina (30), La Favorita (31), Gazzera (32), Chirignago (33), Marocco (34), Dese (35), Spinea (36), Tarù (37).

- Area Ex Ospedale - Piazza Donatori Di Sangue con il 9,98%: è un luogo di ritrovo centrale e dinamico, noto per la sua vivace atmosfera e la varietà di attività disponibili;
- Parco Piraghetto con il 5,00%: è un'importante area verde per attività all'aperto come jogging e picnic. È un luogo di ritrovo per famiglie, giovani e sportivi grazie alle sue strutture ricreative;
- Quartiere scolastico Bissuola - Parco Alfredo Albanese con il 4,55%: zona che ospita diverse scuole e istituti educativi e che possiede all'interno il Parco Alfredo Albanese, un grande parco che offre numerose attività ricreative e sportive, attirando così molte persone;
- Marghera con il 4,38%: è una zona industriale e portuale importante che attira molti lavoratori. Ha anche una comunità residenziale con quartieri e servizi per i residenti.
- Campus Scientifico Ca' Foscari - Quartieri (San Giuseppe, San Teodoro,...) con il 4,15%: è sede di facoltà scientifiche dell'Università Ca' Foscari, attirando molti studenti e personale accademico. Le zone residenziali circostanti forniscono alloggi agli studenti e ai lavoratori.

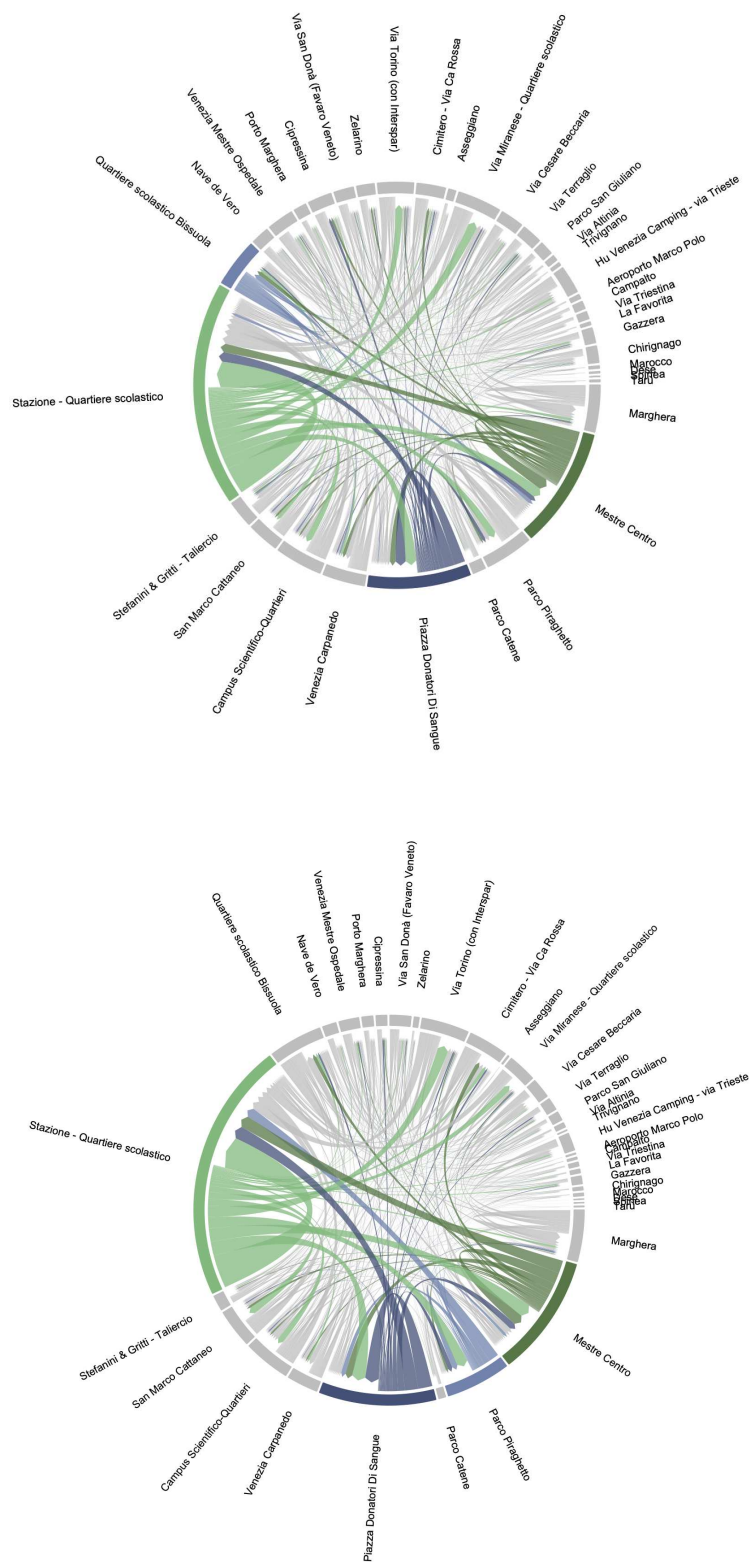
Inoltre, è stata definita una funzione chiamata `create_multipoint` che utilizza le coordinate di partenza e arrivo per creare oggetti *MULTIPOINT*. Questa funzione è stata applicata a ciascuna riga del dataframe per generare una nuova variabile.

Dopo aver creato questi oggetti, è stata calcolata una matrice di distanza euclidea tra tutti i punti di partenza e arrivo dei percorsi: questa matrice delle distanze è stata poi utilizzata come input per eseguire un clustering gerarchico dei percorsi. Il clustering è stato eseguito utilizzando il metodo *complete linkage* per calcolare la distanza tra cluster come la massima distanza tra i loro punti.

Tuttavia, questa metodologia non ha prodotto i risultati sperati. Poiché i punti di partenza e arrivo dei percorsi erano molto vicini tra loro, il clustering ha generato molti cluster, con un cluster molto grande e numerosi cluster molto piccoli. Questo ha reso difficile identificare gruppi significativi o strutture chiare all'interno dei dati. La vicinanza geografica tra i punti ha influito sulla definizione dei cluster, portando a una frammentazione che non rifletteva adeguatamente la realtà dei percorsi.



### 3.1.1 Rappresentazioni grafiche

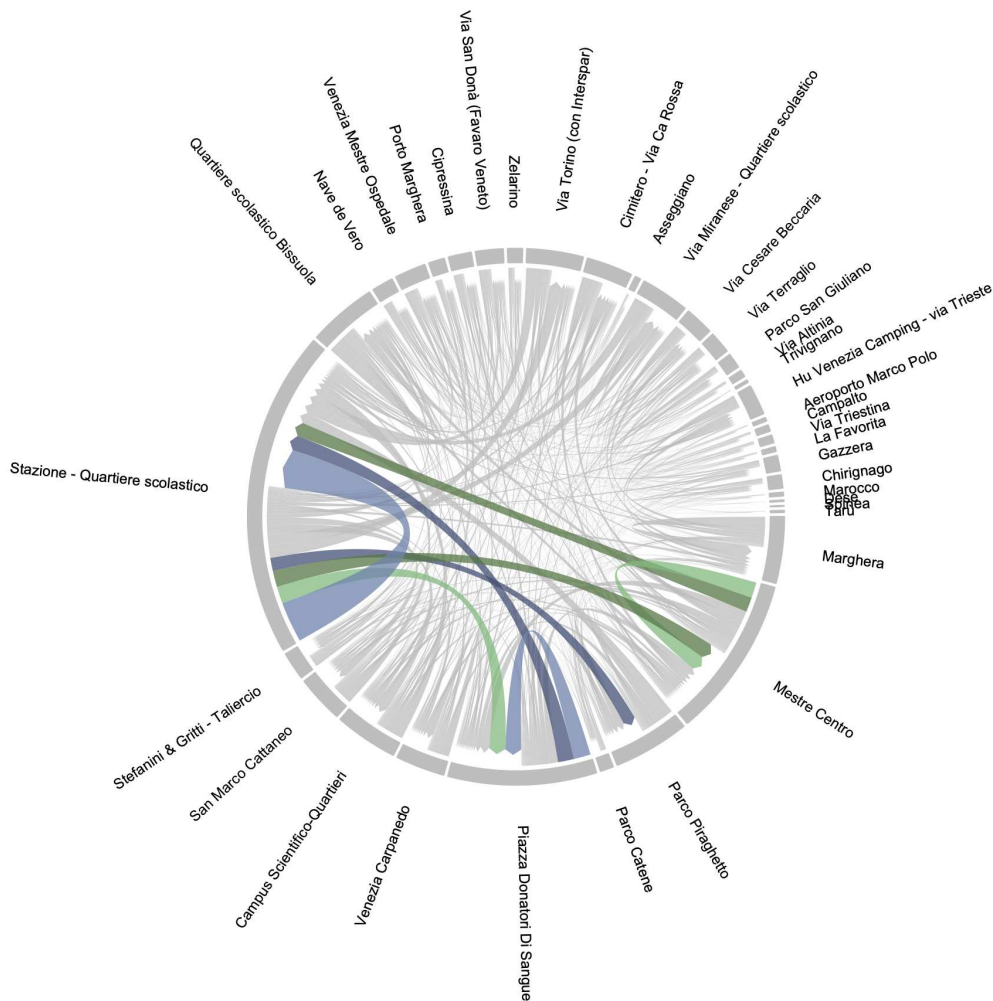


**Figura 3.3:** Differenze nei tragitti tra biciclette elettriche e tradizionali. Ordinati dal più comune al meno: verde chiaro (1), verde scuro (2), blu scuro (3) e blu chiaro (4).

Per prima cosa, in Figura 3.3 si analizza la differenza nell'utilizzo dei percorsi tra biciclette tradizionali e biciclette elettriche. Le destinazioni tendono a essere simili per entrambe le tipologie di biciclette, ma si nota un leggero calo di frequenza nell'utilizzo delle biciclette tradizionali quando le destinazioni finali sono più lontane dal punto di partenza e pertanto il tragitto da percorrere è più lungo.

In particolare, la distanza media percorsa con le biciclette tradizionali è di circa 1185 metri, mentre quella percorsa con le biciclette elettriche è di 1370 metri, mostrando una differenza di circa il 13%. Questa differenza è probabilmente dovuta alla maggiore facilità con cui le biciclette elettriche permettono di coprire distanze più lunghe con meno sforzo fisico.

Nonostante questa differenza, si è deciso di proseguire le analisi senza distinguere tra le due tipologie di biciclette, considerando i percorsi come un unico insieme per semplicità e coerenza dei dati.



**Figura 3.4:** Percorsi più frequenti basati su destinazione-arrivo.

La Figura 3.4 mostra i percorsi più gettonati, evidenziando sia i punti di partenza che di

arrivo più frequenti.

Prima di tutto, è evidente che il percorso più frequentato si snoda all'interno dell'area circoscritta dalla stazione di Mestre, poiché questa posizione centrale la rende un punto di convergenza naturale. Il quartiere scolastico, situato a solo 1 km di distanza dalla stazione, è una tappa chiave per molti residenti, studenti e insegnanti, facilitando così un flusso costante di pedoni lungo questo percorso.

Un altro percorso comune è quello che collega la stazione ferroviaria al centro storico di Mestre. Questo tragitto è popolare perché porta direttamente al cuore della città, dove si trovano negozi, ristoranti e attrazioni culturali. La vicinanza di questo percorso alle zone di interesse rende naturale la sua frequentazione da parte dei residenti e dei visitatori.

Infine, un'altra rotta interessante è quella che connette Piazza Donatori di Sangue alla stazione ferroviaria. Quest'area potrebbe fungere da ritrovo per molte persone, oltre ad essere un punto di interesse sociale e di servizio.

Nelle Figure 3.5-3.11 è mostrata la distribuzione delle destinazioni più frequenti delle corse delle biciclette nei diversi giorni della settimana.

Il lunedì, le destinazioni frequenti includono la stazione di Mestre, Mestre Centro, Parco Piraghetto, Piazza Donatori di Sangue e i vari quartieri scolastici di Mestre. Le corse sono prevalentemente dirette verso aree centrali e di scuola-lavoro, suggerendo un uso maggiore delle biciclette per spostamenti di questo tipo.

Da martedì a venerdì, le destinazioni rimangono simili a quelle del lunedì, con una leggera variazione nei volumi. Nei giorni feriali, l'uso delle biciclette per spostamenti quotidiani rimane costante, con una concentrazione nelle aree centrali e vicine a istituzioni educative e commerciali.

Il sabato e la domenica, si registra un aumento delle corse verso parchi e aree ricreative, riflettendo un uso maggiore per svago e attività nel tempo libero, con un calo degli spostamenti verso aree di lavoro o di studio.

Un aspetto da notare è la diminuzione del volume delle corse verso via Torino e il campus scientifico di Ca' Foscari, situato alla fine di via Torino. Questa zona è prevalentemente frequentata da studenti universitari, il che spiega la diminuzione degli spostamenti durante il fine settimana.

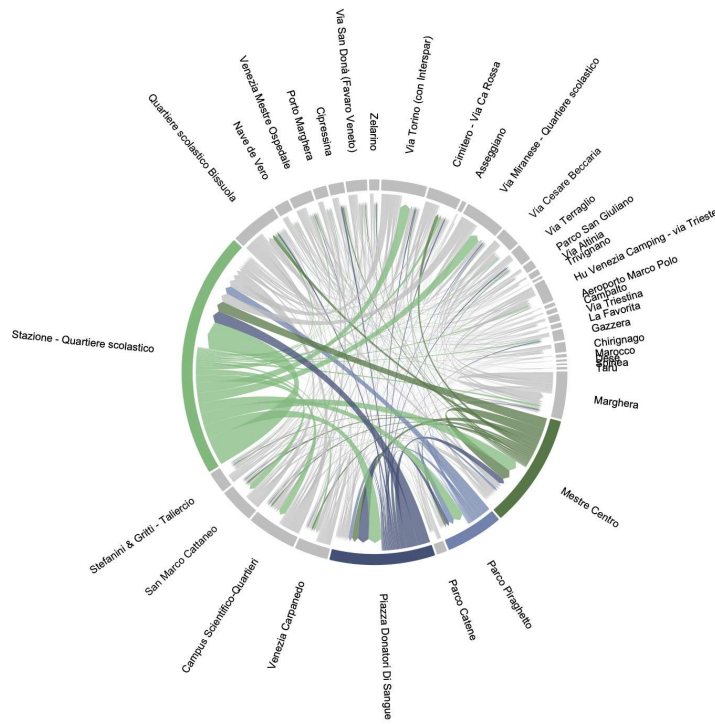


Figura 3.5: Percorsi più frequenti di lunedì.

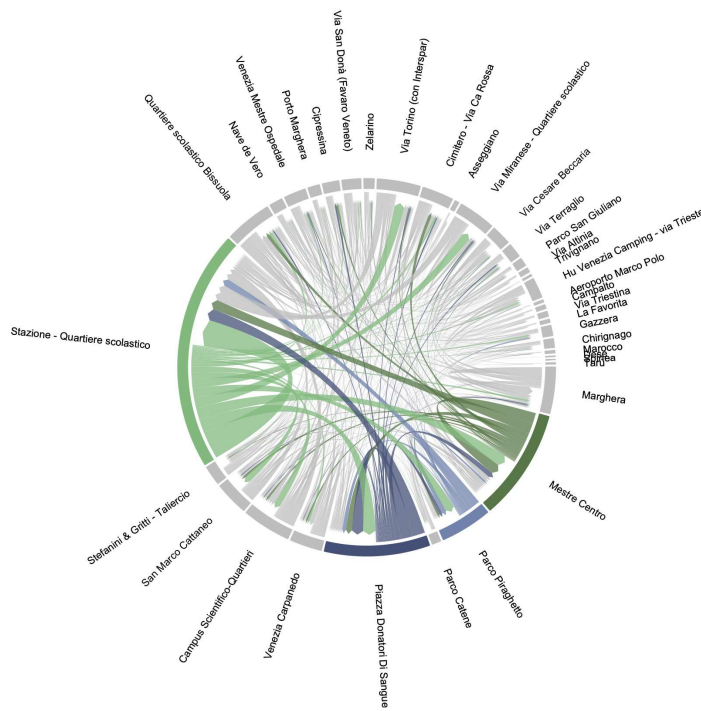


Figura 3.6: Percorsi più frequenti di martedì.

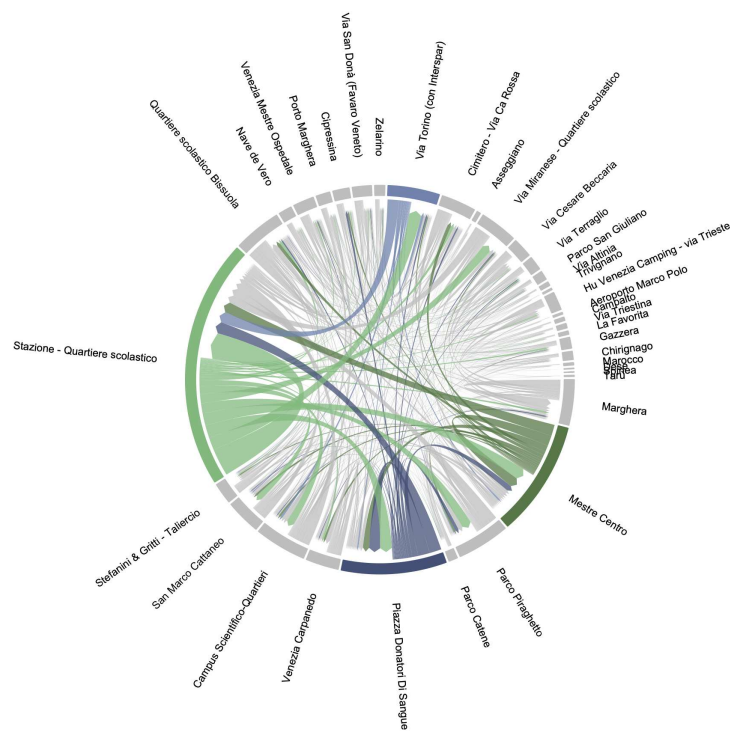


Figura 3.7: Percorsi più frequenti di mercoledì.

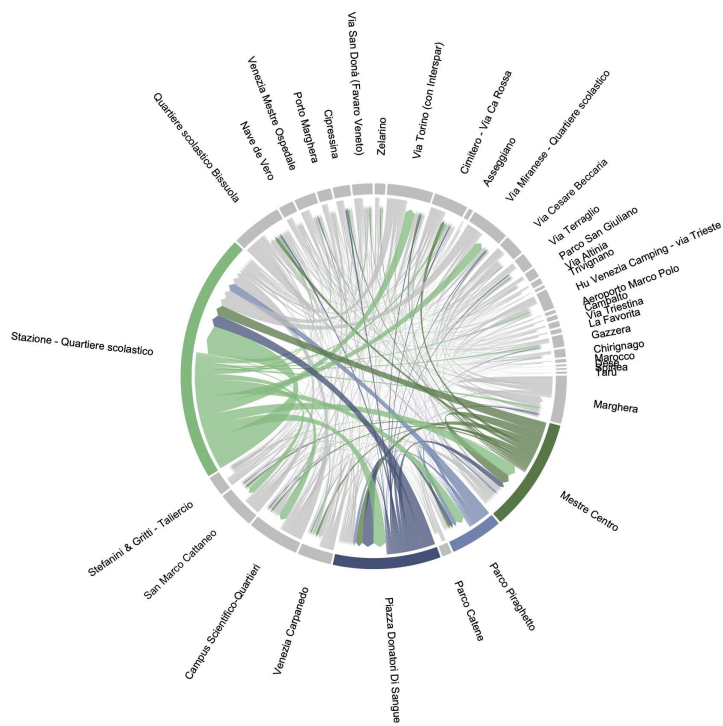


Figura 3.8: Percorsi più frequenti di giovedì.

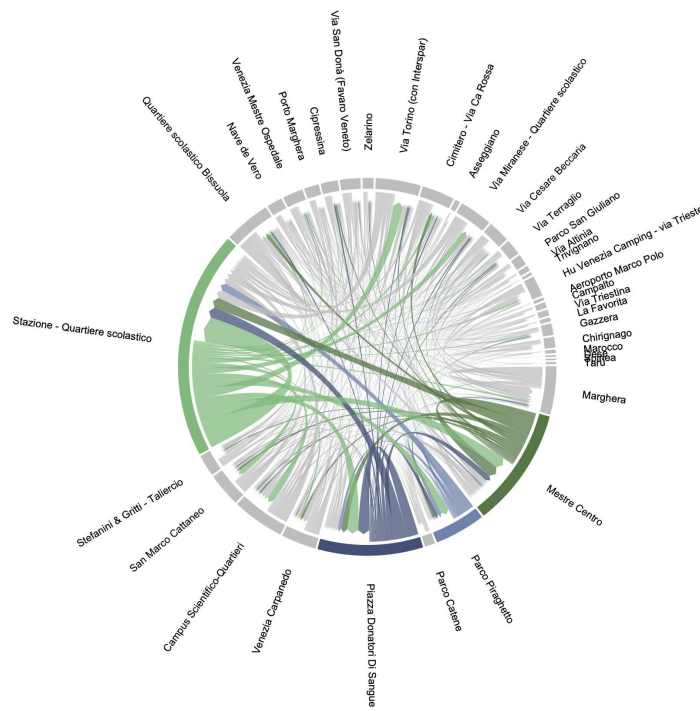


Figura 3.9: Percorsi più frequenti di venerdì.

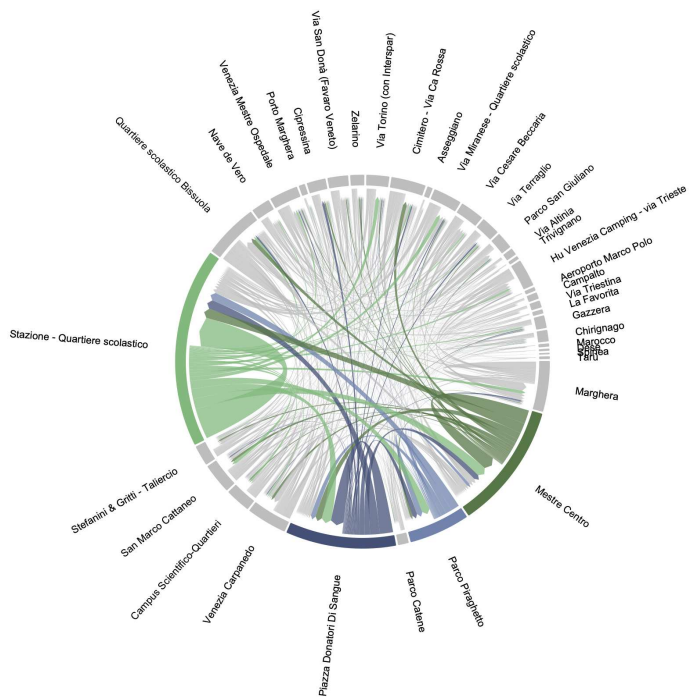
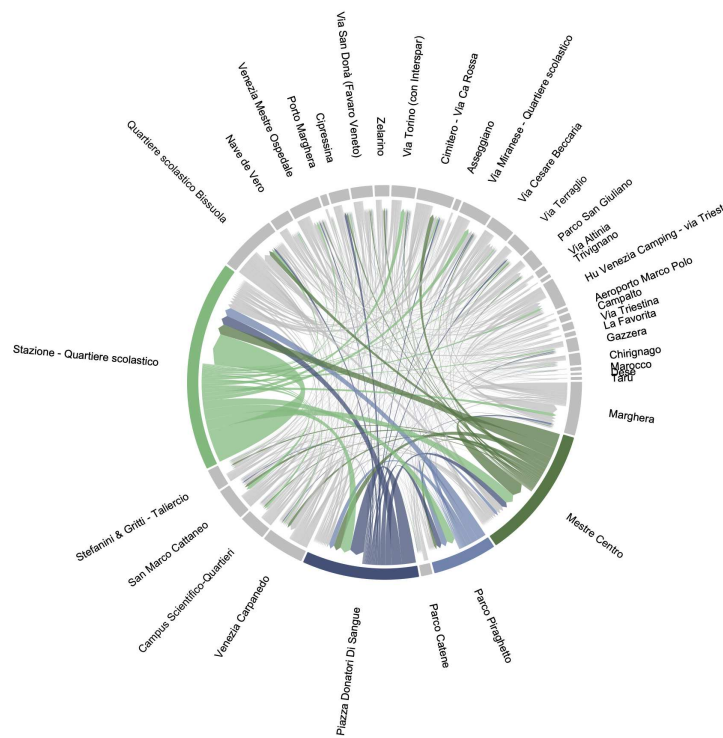


Figura 3.10: Percorsi più frequenti di sabato.



**Figura 3.11:** Percorsi più frequenti di domenica.

Le Figure che vanno dalla 3.12 alla 3.15 mostrano le distribuzioni delle destinazioni più frequenti per le corse di biciclette nelle diverse stagioni: inverno, primavera, estate e autunno. In inverno, le destinazioni più comuni includono Marghera, Mestre Centro, Parco Piraghetto, Parco Catene, Piazza Donatori di Sangue e Venezia Carpenedo. Durante questa stagione, le corse si concentrano principalmente in aree centrali e ben servite come Mestre Centro e Marghera, probabilmente a causa delle condizioni climatiche rigide che scoraggiano gli spostamenti verso aree periferiche.

In primavera, le destinazioni rimangono simili, ma si osserva un aumento delle corse verso parchi e aree verdi come Parco Piraghetto e Parco Catene. Le temperature più miti incentivano l'uso della bicicletta per svago e attività all'aperto.

In estate, le destinazioni continuano a essere parchi e centri urbani, con un incremento dell'uso delle biciclette grazie al bel tempo e alle vacanze scolastiche.

In autunno, si osserva una leggera diminuzione delle corse verso i parchi rispetto alla primavera e all'estate, probabilmente a causa delle temperature più fresche e delle piogge. Tuttavia, le destinazioni rimangono concentrate nelle aree centrali e facilmente accessibili.

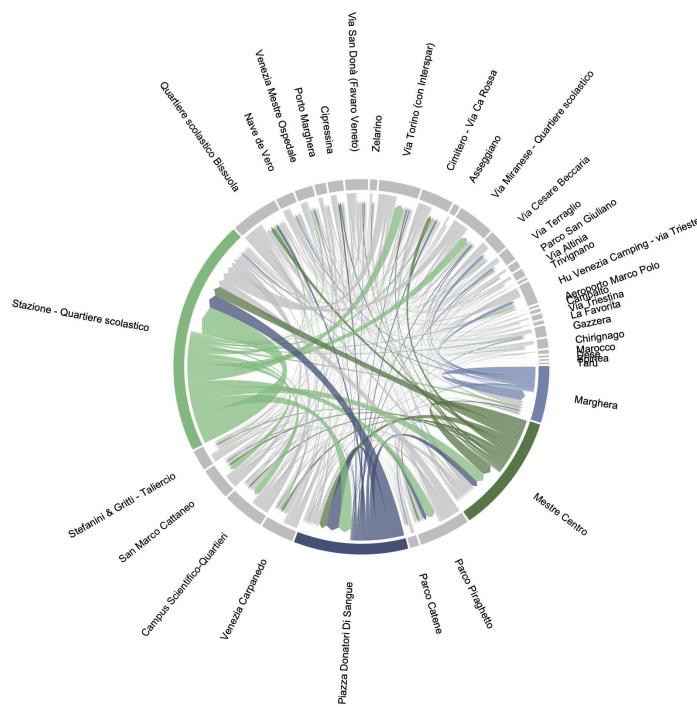


Figura 3.12: Percorsi più frequenti in inverno.

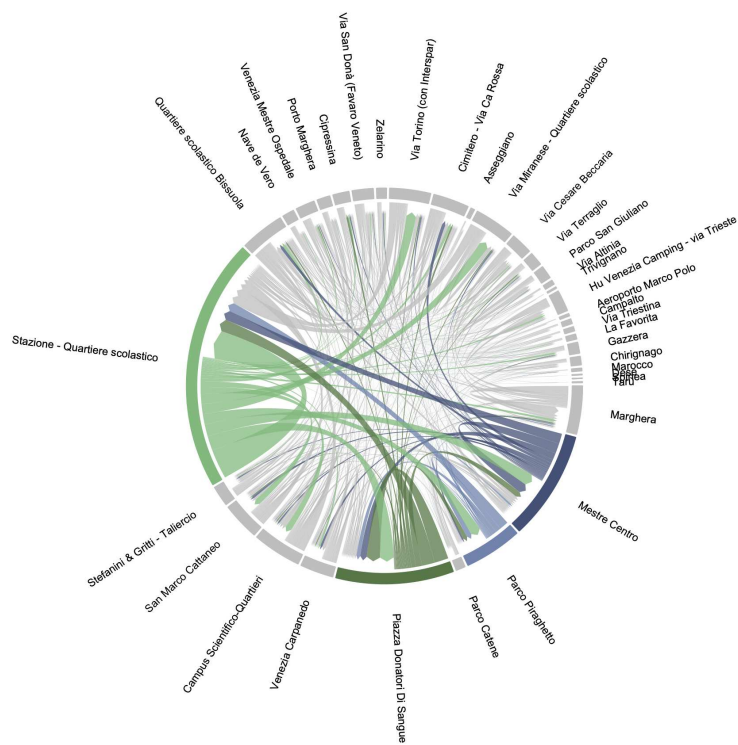


Figura 3.13: Percorsi più frequenti in primavera.



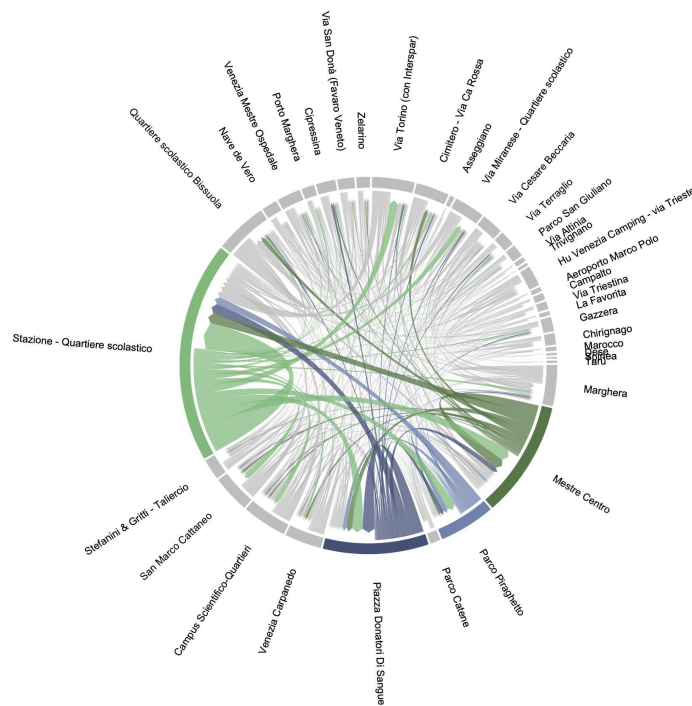


Figura 3.14: Percorsi più frequenti in estate.

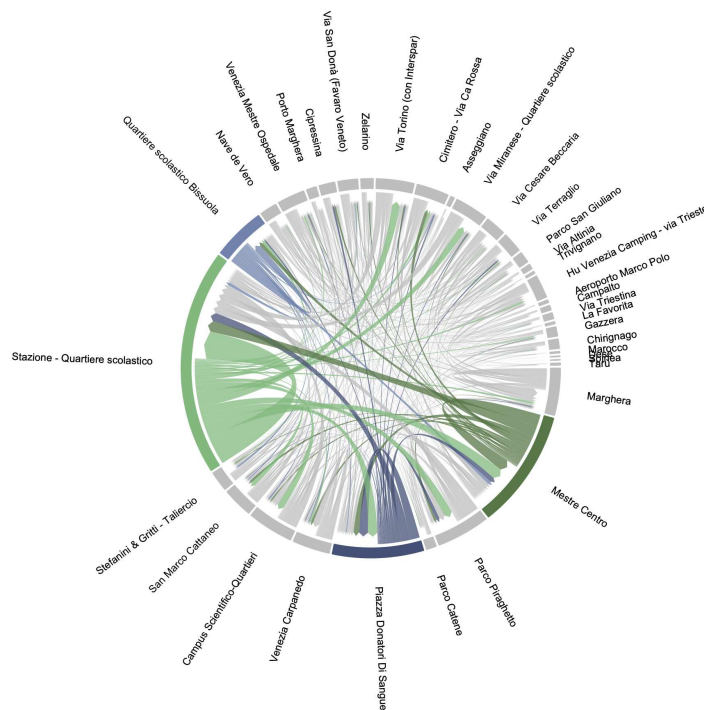


Figura 3.15: Percorsi più frequenti in autunno.

Di maggiore interesse può essere l'analisi dei movimenti degli utenti divisi per le fasce orarie giornaliere con l'aiuto delle Figure 3.16-3.19.

Durante la mattina, si nota un significativo numero di corse che partono dalla stazione, dirigendosi verso il campus scientifico di Ca' Foscari, il centro di Mestre, il quartiere scolastico di via Asseggiano, e via Torino, dove si trovano l'Interspar e varie altre strutture. La stazione funge da importante punto di partenza per molti utenti, ma è anche un punto di arrivo: molti utenti partono da aree residenziali come Parco Piraghetto, che ospita numerose abitazioni, probabilmente lavoratori diretti alla stazione per prendere il treno, altri partono da zone come Piazza Donatori di Sangue, via Miranese, e il centro di Mestre.

Al pomeriggio, i movimenti degli utenti mostrano un'inversione rispetto alla mattina: molti tornano dal campus scientifico alla stazione o alle proprie abitazioni. Questo schema è evidente anche per via Torino e i quartieri scolastici come quello di via Asseggiano. Zone come la stazione, Piazza Donatori di Sangue, e il centro di Mestre rimangono relativamente stabili, suggerendo che molti utenti fanno ritorno a casa dopo il lavoro.

La sera, i movimenti si concentrano maggiormente verso la stazione ferroviaria e il centro di Mestre, probabilmente per le attività sociali e di svago. Gli utenti che hanno trascorso la giornata altrove tornano alla stazione e nelle aree circostanti, inclusi Parco Piraghetto, Piazza Donatori di Sangue, via Miranese, e il centro di Mestre.

Durante la notte, il ritorno alla stazione e al centro di Mestre diventa ancora più pronunciato. Si osserva chiaramente che molti utenti tornano a casa, con destinazioni principali che includono la stazione e il centro di Mestre o le aree residenziali circostanti. Questi movimenti notturni riflettono una routine quotidiana di pendolarismo e ritorno alle abitazioni. In sintesi, la distribuzione dei movimenti degli utenti mostra schemi distinti per ciascuna fascia oraria, con la stazione ferroviaria e il centro di Mestre che fungono da punti nodali importanti sia per le partenze che per gli arrivi. Le destinazioni variano tra luoghi di lavoro, studio, e residenza, rispecchiando le esigenze quotidiane degli utenti in termini di pendolarismo e attività sociali.

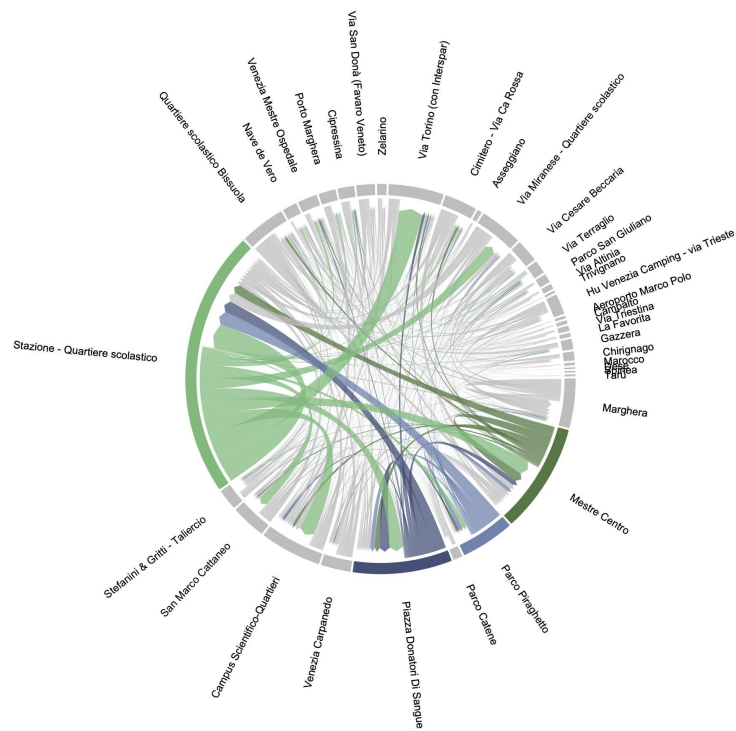


Figura 3.16: Percorsi più frequenti di mattina.

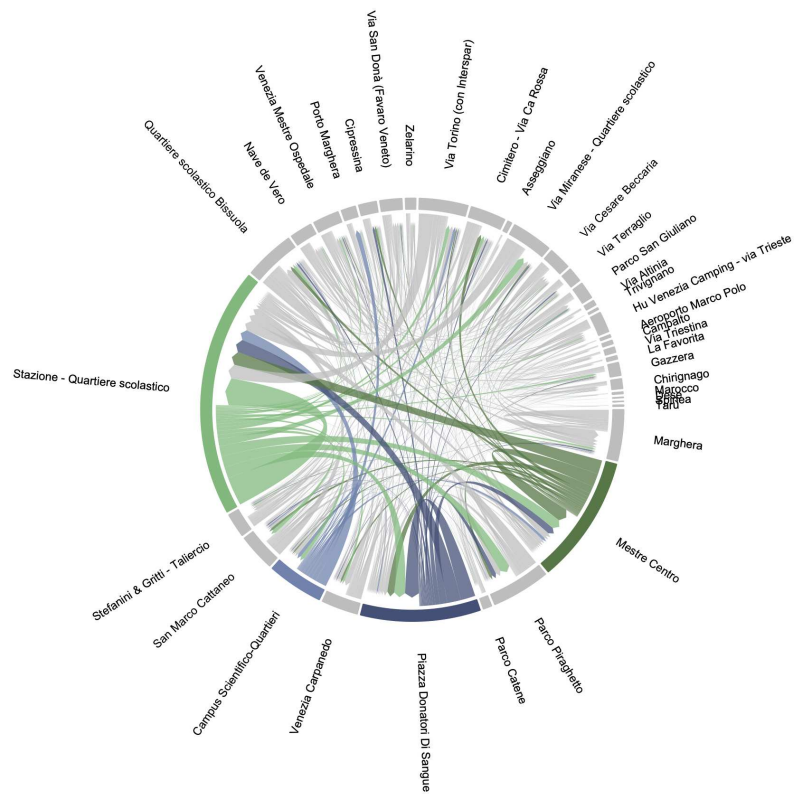


Figura 3.17: Percorsi più frequenti di pomeriggio.

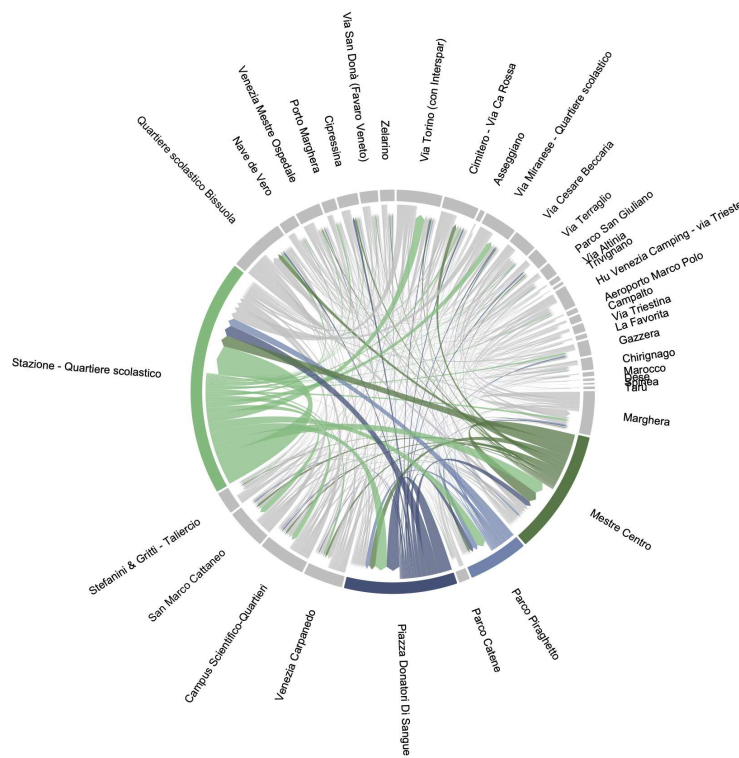


Figura 3.18: Percorsi più frequenti di sera.

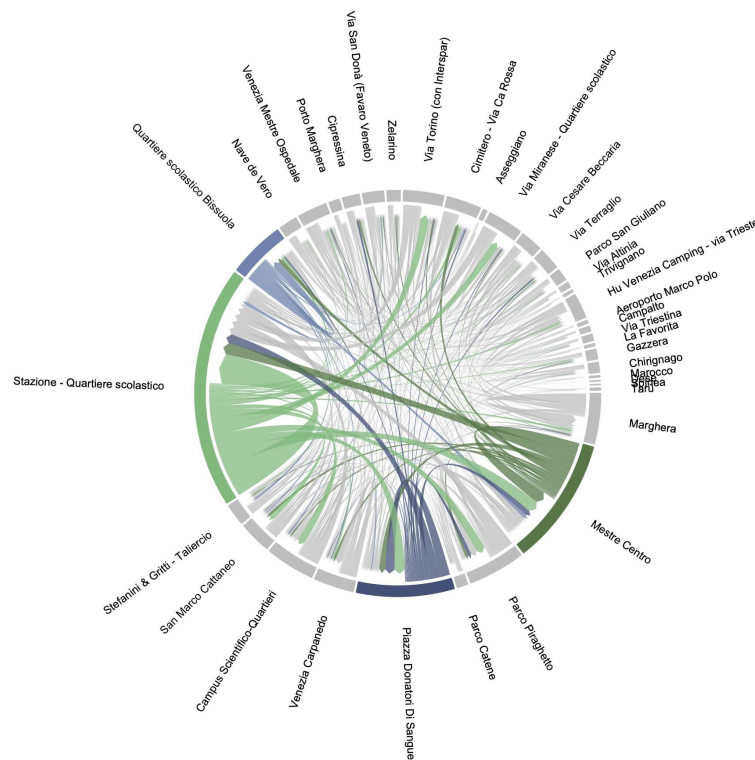


Figura 3.19: Percorsi più frequenti in autunno.

Infine, le due Figure 3.20 e 3.21 riportano due distinti cerchi che rappresentano gli spostamenti in due periodi differenti: uno quando le istituzioni educative sono aperte e l'altro quando sono chiuse. Analizzando questi dati, emergono chiaramente delle differenze significative nel pattern degli spostamenti che riflettono l'influenza delle attività accademiche sulla mobilità urbana.

Durante l'anno scolastico e accademico, i dati mostrano una concentrazione di spostamenti nelle aree adiacenti a istituzioni educative, come: Mestre Centro, il quartiere scolastico a Bissuola, il Campus Scientifico di Ca' Foscari, il Liceo Stefanini e l'Istituto Gritti, la stazione di Mestre con il quartiere scolastico. Queste aree, note per ospitare scuole superiori e campus universitari, registrano un aumento significativo degli spostamenti, suggerendo che molti utenti delle biciclette condivise sono studenti che si muovono tra le loro abitazioni, le aule e altre strutture universitarie: il primo giorno dell'anno scolastico 2022/2023, lunedì 12 settembre, è stato registrato un aumento significativo dell'utilizzo delle biciclette, con un incremento di quasi il 25%. In tale data, infatti, sono state utilizzate 692 biciclette, rispetto alle 532 del lunedì precedente (5 settembre). La frequenza degli spostamenti in questi luoghi sottolinea l'importanza delle biciclette condivise come mezzo di trasporto quotidiano per gli studenti, facilitando l'accesso alle istituzioni educative e riducendo la necessità di utilizzare mezzi privati o di trasporto pubblico di linea.

Al contrario, al di fuori dell'anno scolastico e accademico, si osserva una riduzione significativa degli spostamenti verso i campus universitari e i licei. Questo calo riflette la diminuzione della popolazione studentesca attiva nella città durante i periodi di vacanza. Le aree che erano altamente frequentate durante i periodi accademici vedono una diminuzione dell'uso delle biciclette condivise, indicando che molti degli spostamenti registrati durante l'anno accademico sono strettamente legati alle attività scolastiche.

In questi periodi, gli spostamenti tendono a concentrarsi maggiormente nelle aree residenziali e in altre zone non strettamente legate all'istruzione, come: Parco Piraghetto, Parco Catene, Nave de Vero, Piazza Donatori di Sangue, Marghera e Mestre Centro. Queste aree registrano un uso continuo delle biciclette condivise, ma il pattern cambia, indicando che gli utenti sono più probabilmente residenti che utilizzano le biciclette per attività quotidiane come fare la spesa, svago o altre commissioni, piuttosto che per spostamenti legati a scopi educativi.

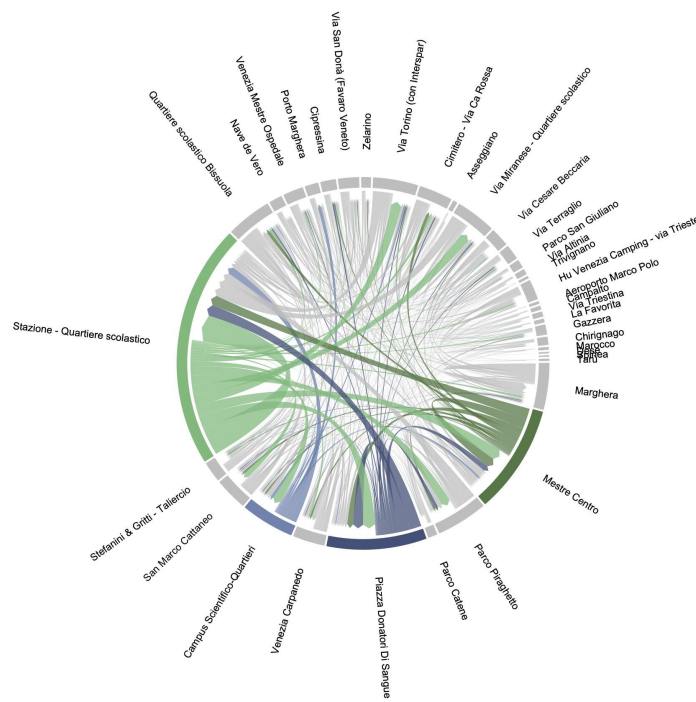


Figura 3.20: Percorsi più frequenti quando le istituzioni scolastiche e accademiche sono aperte.

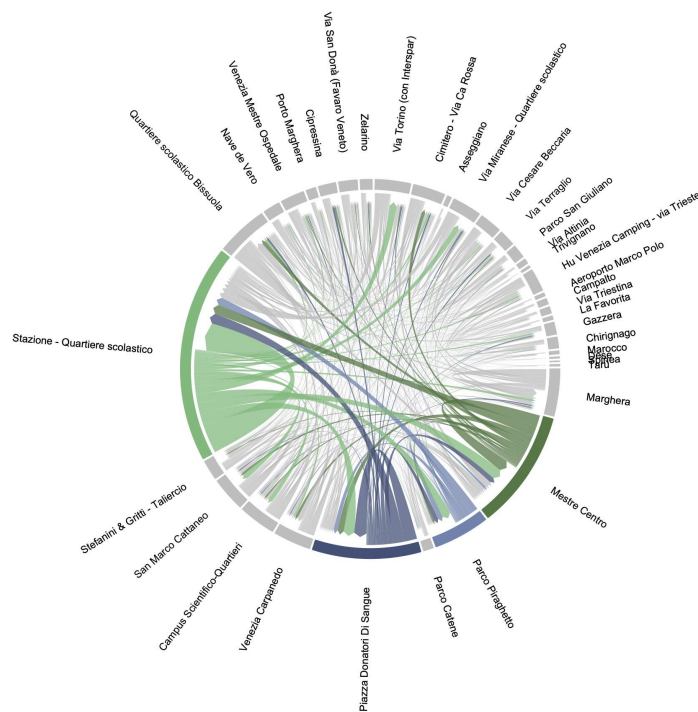


Figura 3.21: Percorsi più frequenti quando le istituzioni scolastiche e accademiche sono chiuse.

## 3.2 Modellistica

### 3.2.1 Modello binomiale negativo

È stato adattato un modello utilizzando la distribuzione negativa binomiale, adatto per analizzare dati di conteggio con sovraddispersione. Nel modello di regressione binomiale negativa sono state considerate solo le variabili ritenute significative per le analisi e, successivamente, quelle che non hanno mostrato un impatto significativo sulla variabile di interesse sono state rimosse.

Calcolato il modello di regressione binomiale negativa si possono interpretare i coefficienti stimati per ciascuna variabile predittiva.

L'intercetta del modello, pari a 3.3341, rappresenta il logaritmo del numero previsto di corse di biciclette alle ore 8 del mattino, quando tutte le altre variabili indipendenti sono ai loro valori di riferimento.

Ad esempio, ci aspettiamo che il numero previsto di corse di biciclette sia pari a:

$$\exp(3.3341) \approx 28.05$$

Quindi, in un giorno con condizioni meteorologiche senza precipitazioni, temperatura a 0 gradi, le istituzioni educative sono aperte, e di un lunedì di Gennaio, ci aspettiamo che all'ora di punta delle 8 del mattino ci siano circa 28 corse di biciclette.

Il coefficiente per le istituzioni educative è -0.1415, perciò questo implica che quando l'università e le scuole sono chiuse, il logaritmo del tasso di corse delle biciclette diminuisce di 0.1415 rispetto ai giorni in cui sono aperte. In termini pratici, significa che ci si aspetta una diminuzione percentuale nel numero di corse, dato che il coefficiente deve essere esponenziato per ottenere la variazione proporzionale attesa nel tasso di corse.

Per esempio, se si considerassero due giorni identici in termini di precipitazioni, temperatura, giorno della settimana, mese e ora del giorno, ma con la differenza che in uno le istituzioni educative sono aperte e nell'altro sono chiuse, ci si può aspettare che il tasso di incidenza del numero di corse di biciclette durante l'anno scolastico e accademico sarà inferiore del 13.2% rispetto a quando l'università e le scuole sono chiuse:

$$e^{\beta_1} = e^{-0.1415} \approx 0.8681$$

$$1 - 0.885 = 0.115$$

Per ogni unità (in millimetri) di aumento delle precipitazioni, ci si aspetta una diminuzione del 0.2204 dell logaritmo del tasso nel numero di corse.

$$e^{\beta_1} = e^{-0.2204} \approx 0.8022$$

Questo significa che, per ogni aumento di un'unità nelle precipitazioni, il tasso di incidenza diminuisce di circa il 19.8%:

$$1 - 0.802 = 0.198$$

Quindi, se le precipitazioni aumentano di 10 millimetri, il tasso di incidenza atteso diminuisce di circa l'89%:

$$e^{-0.2204 \times 10} \approx 0.1104$$

$$1 - 0.1104 = 0.8906$$

L'effetto della temperatura, invece, è positivo, con un coefficiente di 0.0129. Questo indica che un aumento di una unità nella temperatura è associato a un aumento di circa l'1.3% del il tasso di incidenza nel numero di corse.

$$e^{\beta_2} = e^{0.0129} \approx 1.013$$

$$1.013 - 1 = 0.013$$

Le variabili che indicano il giorno della settimana mostrano che il martedì, il mercoledì, il giovedì e il venerdì hanno coefficienti positivi, suggerendo un aumento nel numero di corse rispetto al lunedì. D'altra parte, il sabato e la domenica hanno coefficienti negativi, indicando una diminuzione delle corse rispetto al lunedì.

Gli effetti dei singoli mesi variano. Alcuni mesi come marzo, aprile, maggio, giugno, settembre, ottobre e novembre mostrano coefficienti positivi, suggerendo un aumento nel numero di corse rispetto a gennaio. Altri mesi come febbraio, agosto e dicembre hanno coefficienti che non sono statisticamente significativi. Le ragioni possono variare: febbraio è ancora un mese invernale e quindi simile a gennaio in termini di condizioni climatiche, agosto potrebbe vedere un calo nell'uso delle biciclette a causa delle vacanze estive quando molte persone potrebbero essere fuori città, e dicembre potrebbe avere condizioni climatiche sfavorevoli simili a quelle di gennaio che scoraggiano l'uso delle biciclette.

Le ore della giornata mostrano variazioni significative nell'attività ciclistica, in particolare, durante le prime ore della mattina, i coefficienti sono negativi, indicando un numero inferiore di corse rispetto alle 8 del mattino. Ad esempio, l'ora 0 ha un coefficiente di -0.885



e l'ora 1 ha un coefficiente di -1.189, entrambi altamente significativi ( $p < 0.0001$ ). Questi coefficienti negativi suggeriscono un'attività ciclistica molto bassa durante le prime ore della notte.

Man mano che ci si avvicina al mattino, i coefficienti rimangono negativi, ma meno marcati, fino a diventare positivi nel tardo pomeriggio. Alle ore 17 e 18, i coefficienti sono rispettivamente 0.157 e 0.147, suggerendo un significativo aumento nell'attività ciclistica rispetto alle 8 del mattino. Questo indica che queste ore sono particolarmente attive, probabilmente a causa delle persone che usano le biciclette per tornare a casa dal lavoro o per altre attività serali.

L'ora delle 19, invece, mostra un coefficiente di -0.019, molto vicino allo zero e non statisticamente significativo ( $p = 0.506$ ). Questo indica che l'attività ciclistica alle 19 è simile a quella delle 8 del mattino, suggerendo una stabilità nel numero di corse durante queste ore. Infine, dalle 20 in poi si nota un calo costante dell'uso delle biciclette, molto probabilmente dovuto al fatto che molte persone terminano le loro attività quotidiane e rientrano a casa. I coefficienti per le ore serali sono tutti negativi e altamente significativi ( $p < 0.0001$ ), indicando una riduzione significativa delle corse di biciclette rispetto alle 8 del mattino.

In sintesi, i coefficienti di un modello di regressione binomiale negativa indicano come le variabili indipendenti influenzano il logaritmo del tasso di incidenza del risultato. Esponenzializzando i coefficienti, possiamo interpretare questi cambiamenti in termini di tassi di incidenza, fornendo una comprensione più intuitiva dell'impatto delle variabili indipendenti.

**Tabella 3.1:** Coefficienti del modello di regressione binomiale negativo.

Variable	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>  z )
(Intercept)	3.334	0.028	121.052	< 2e-16 ***
scuolachiusa	-0.141	0.015	-9.751	< 2e-16 ***
precip	-0.220	0.011	-20.922	< 2e-16 ***
temp	0.013	0.002	8.566	< 2e-16 ***
ORA0	-0.885	0.030	-29.707	< 2e-16 ***
ORA1	-1.189	0.031	-38.310	< 2e-16 ***
ORA2	-1.580	0.033	-47.372	< 2e-16 ***
ORA3	-1.893	0.037	-51.783	< 2e-16 ***
ORA4	-2.129	0.038	-56.033	< 2e-16 ***
ORA5	-1.870	0.035	-53.213	< 2e-16 ***
ORA6	-1.359	0.032	-42.535	< 2e-16 ***
ORA7	-0.453	0.029	-15.807	< 2e-16 ***
ORA9	-0.446	0.029	-15.592	< 2e-16 ***
ORA10	-0.499	0.029	-17.226	< 2e-16 ***
ORA11	-0.374	0.029	-12.877	< 2e-16 ***
ORA12	-0.251	0.029	-8.620	< 2e-16 ***
ORA13	-0.090	0.029	-3.086	0.002 **
ORA14	-0.179	0.029	-6.096	1.09e-09 ***
ORA15	-0.141	0.029	-4.822	1.42e-06 ***
ORA16	-0.144	0.029	-4.951	7.39e-07 ***
ORA17	0.157	0.029	5.514	3.52e-08 ***
ORA18	0.147	0.028	5.238	1.62e-07 ***
ORA19	-0.019	0.028	-0.665	0.506
ORA20	-0.311	0.028	-10.970	< 2e-16 ***
ORA21	-0.462	0.029	-16.177	< 2e-16 ***
ORA22	-0.624	0.029	-21.537	< 2e-16 ***
ORA23	-0.628	0.029	-21.656	< 2e-16 ***
meseFebruary	0.038	0.023	1.673	0.094
meseMarch	0.148	0.023	6.463	1.03e-10 ***
meseApril	0.125	0.024	5.231	1.69e-07 ***
meseMay	0.080	0.029	2.745	0.006 **
meseJune	0.222	0.033	6.734	1.65e-11 ***
meseJuly	0.145	0.036	4.093	4.26e-05 ***
meseAugust	-0.038	0.035	-1.102	0.271
meseSeptember	0.203	0.029	6.893	5.45e-12 ***
meseOctober	0.363	0.027	13.424	< 2e-16 ***
meseNovember	0.161	0.023	6.992	2.72e-12 ***
meseDecember	-0.017	0.022	-0.761	0.447
st.giornoMartedì	0.054	0.016	3.304	0.001
st.giornoMercoledì	0.081	0.016	4.958	7.14e-07 ***
st.giornoGiovedì	0.068	0.016	4.160	3.18e-05 ***
st.giornoVenerdì	0.103	0.016	6.336	2.35e-10 ***
st.giornoSabato	-0.150	0.017	-9.015	< 2e-16 ***
st.giornoDomenica	-0.125	0.019	-6.536	6.33e-11 ***

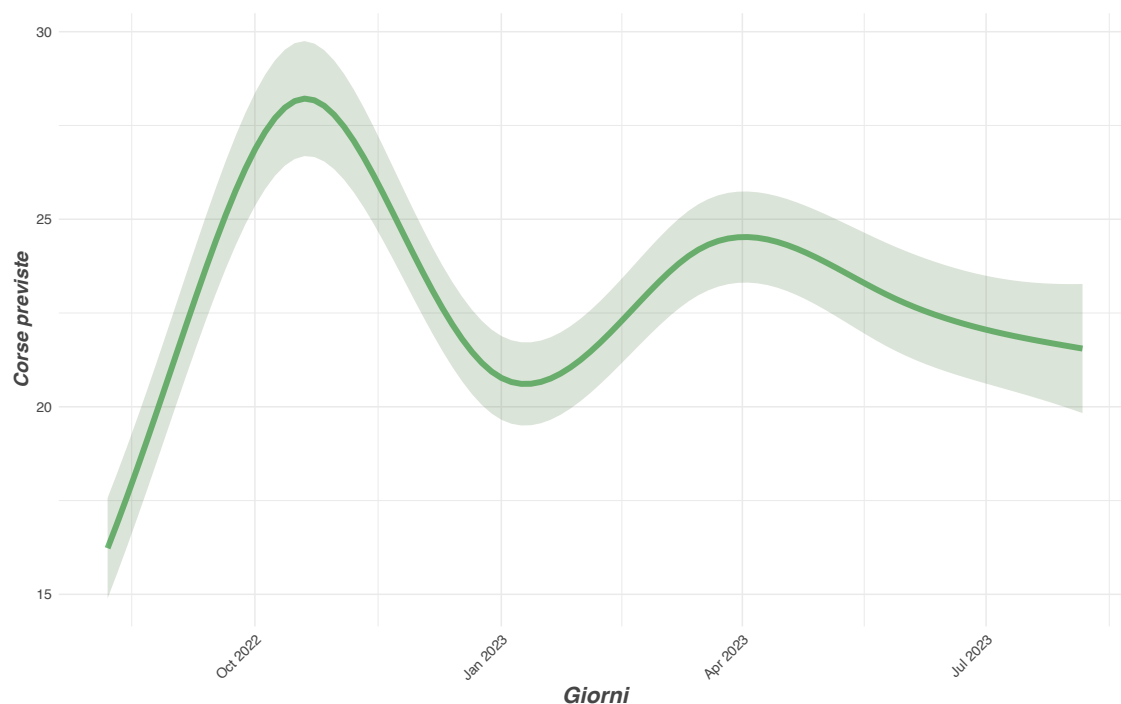
Signif. codes: \*\*\* < 0.001, \*\* < 0.01, \* < 0.05, . < 0.1, ' ' < 1

### 3.2.2 Modello binomiale negativo con splines di regressione

Nel modello sono stati inclusi effetti non lineari per i giorni dell'anno, l'ora e la temperatura, gestiti attraverso funzioni di smoothing naturale per catturare relazioni complesse e non lineari tra queste variabili e il numero di rides.

Sono state considerate anche variabili categoriche come precipitazioni, apertura delle istituzioni, e i giorni della settimana, le quali possono influenzare il numero di corse in modo distintivo tra le categorie specifiche.

L'intercetta ha un valore di 2.184, che rappresenta il logaritmo del numero medio di rides previsti quando tutte le altre variabili sono al loro valore di riferimento ( $\exp(2.184) \approx 9$ ). Questo valore è altamente significativo ( $p < 0.0001$ ), indicando che l'intercetta è diversa da zero.



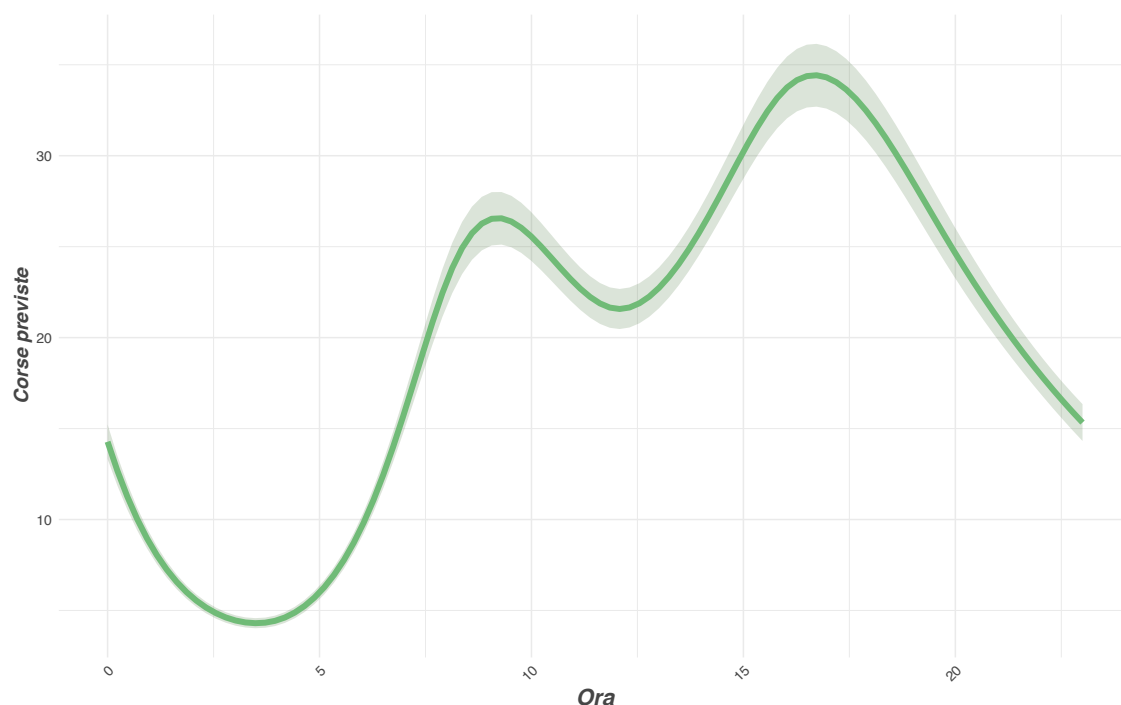
**Figura 3.22:** Corse previste dal modello per i giorni dell'anno.

La spline naturale per i giorni con 3 gradi di libertà indica come il numero di corse varia con l'avanzamento dei giorni. Alcuni coefficienti di questa spline sono significativi (ad esempio,  $\text{ns}(\text{start\_day}, \text{df} = 3)2$ ), suggerendo che c'è una variazione significativa nel numero di rides in base al giorno d'inizio. In particolare, il secondo termine della spline è altamente significativo ( $p < 0.0001$ ), indicando che c'è una variazione non lineare importante legata al giorno d'inizio.

Nella Figura 3.22, si evidenziano picchi significativi nell'andamento dei dati verso ottobre/novembre 2022. Successivamente, si osserva una diminuzione durante il periodo natalizio, seguita da una nuova crescita durante la riapertura delle istituzioni scolastiche e universitarie. Infine, si stabilizza il trend, indicando una fase di assestamento nel periodo successivo.

La spline naturale per l'ora con 6 gradi di libertà cattura la variazione del numero di rides durante le ore del giorno. La maggior parte dei coefficienti della spline sono altamente significativi ( $p < 0.0001$ ), indicando che ci sono variazioni significative nel numero di rides a diverse ore del giorno. Ad esempio, il primo e il quarto termine della spline ( $\text{ns}(\text{ORA}, \text{df} = 6)1$  e  $\text{ns}(\text{ORA}, \text{df} = 6)4$ ) sono altamente significativi, suggerendo che c'è una variazione considerevole nel numero di rides durante le ore centrali del giorno.

In Figura 3.23, si osservano picchi significativi nell'andamento dei dati durante le ore di lavoro e l'inizio delle attività scolastiche e universitarie. Durante le fasi centrali del giorno, si registra un calo, seguito da un notevole aumento verso sera, tra le 17 e le 19. Infine, si nota un drastico calo durante la notte.

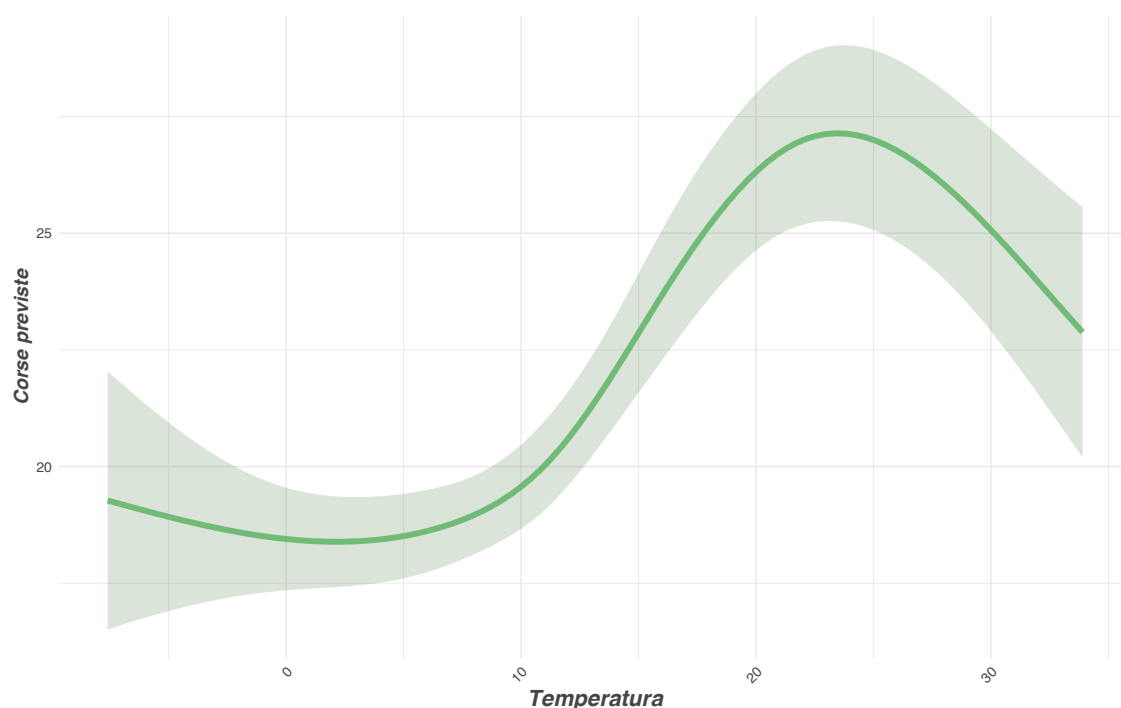


**Figura 3.23:** Corse previste dal modello per l'ora del giorno.

La spline naturale per la temperatura con 4 gradi di libertà mostra come il numero di rides varia in base a essa. Tutti i termini della spline sono significativi, indicando che la temperatura ha un effetto non lineare sul numero di rides. Ad esempio, il primo e il

secondo termine della spline (`ns(temp, df = 4)1` e `ns(temp, df = 4)2`) sono altamente significativi, suggerendo che la temperatura influenza fortemente il numero di rides.

La temperatura in Figura 3.24 mostra un andamento più costante e meno soggetto a variazioni improvvise: si osserva che durante le temperature più basse si registra un numero limitato di corse di biciclette, mentre aumentano gradualmente con l'innalzarsi delle temperature più miti. Tuttavia, con l'aumentare ulteriore dei gradi, si nota una diminuzione delle corse di biciclette.



**Figura 3.24:** Corse previste dal modello per la temperatura.

Il coefficiente per le precipitazioni è  $-0.213$  (con un  $p < 0.0001$ ), indicando che la pioggia riduce significativamente il numero di rides.

Il coefficiente per l'apertura delle istituzioni è  $-0.092$  (con un  $p < 0.0001$ ), suggerendo che la chiusura di queste riduce significativamente il numero di rides.

I coefficienti per i giorni della settimana mostrano come il numero di corse varia durante la settimana rispetto al giorno di riferimento (la domenica). Ad esempio, il giovedì ha un coefficiente di  $0.234$ , indicando che ci sono più corse quel giorno rispetto alla domenica, contrariamente al sabato che non risulta essere significativamente diverso dalla domenica. Molti di questi coefficienti sono altamente significativi, suggerendo che il giorno della settimana ha un impatto importante sul numero di rides.

Tuttavia, non si è preso in considerazione il mese perchè essere risultato non significativo

per il modello in questione.

Il modello mostra che il numero di corse è influenzato significativamente dall'ora, dalla temperatura, dalle precipitazioni, dall'apertura delle istituzioni scolastiche e accademiche e dai giorni della settimana, con effetti non lineari catturati dalle spline naturali.

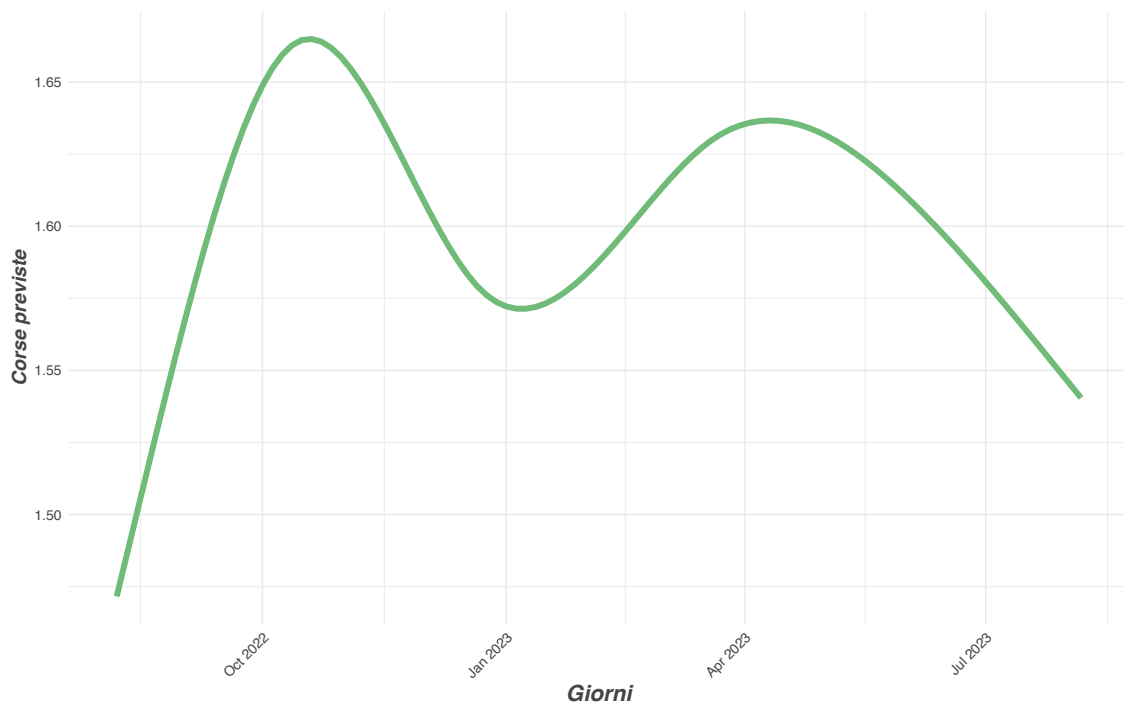
**Tabella 3.2:** Coefficienti del modello di regressione binomiale negativo con spline.

Variable	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>  z )
(Intercept)	2.184	0.086	25.416	< 2e-16 ***
ns(start_day, df = 5)1	0.044	0.050	0.883	0.378
ns(start_day, df = 5)2	0.502	0.054	9.334	< 2e-16 ***
ns(start_day, df = 5)3	0.095	0.028	3.393	0.001
ns(start_day, df = 5)4	0.987	0.066	14.864	< 2e-16 ***
ns(start_day, df = 5)5	-0.178	0.030	-5.970	2.37e-09 ***
ns(ORA, df = 6)1	1.226	0.029	42.359	< 2e-16 ***
ns(ORA, df = 6)2	0.028	0.036	0.775	0.439
ns(ORA, df = 6)3	1.142	0.034	33.920	< 2e-16 ***
ns(ORA, df = 6)4	1.121	0.028	40.464	< 2e-16 ***
ns(ORA, df = 6)5	-1.489	0.053	-28.106	< 2e-16 ***
ns(ORA, df = 6)6	1.275	0.026	49.974	< 2e-16 ***
ns(temp, df = 5)1	0.024	0.065	0.375	0.708
ns(temp, df = 5)2	0.232	0.080	2.906	0.004 **
ns(temp, df = 5)3	0.445	0.058	7.641	2.15e-14 ***
ns(temp, df = 5)4	0.201	0.157	1.280	0.201
precip	-0.213	0.011	-19.129	< 2e-16 ***
scuolachiusa	-0.092	0.016	-5.819	5.93e-09 ***
st.giornoGiovedì	0.234	0.021	11.280	< 2e-16 ***
st.giornoLunedì	0.168	0.021	8.053	8.06e-16 ***
st.giornoMartedì	0.217	0.021	10.321	< 2e-16 ***
st.giornoMercoledì	0.245	0.021	11.649	< 2e-16 ***
st.giornoSabato	0.007	0.021	0.362	0.718
st.giornoVenerdì	0.262	0.021	12.572	< 2e-16 ***

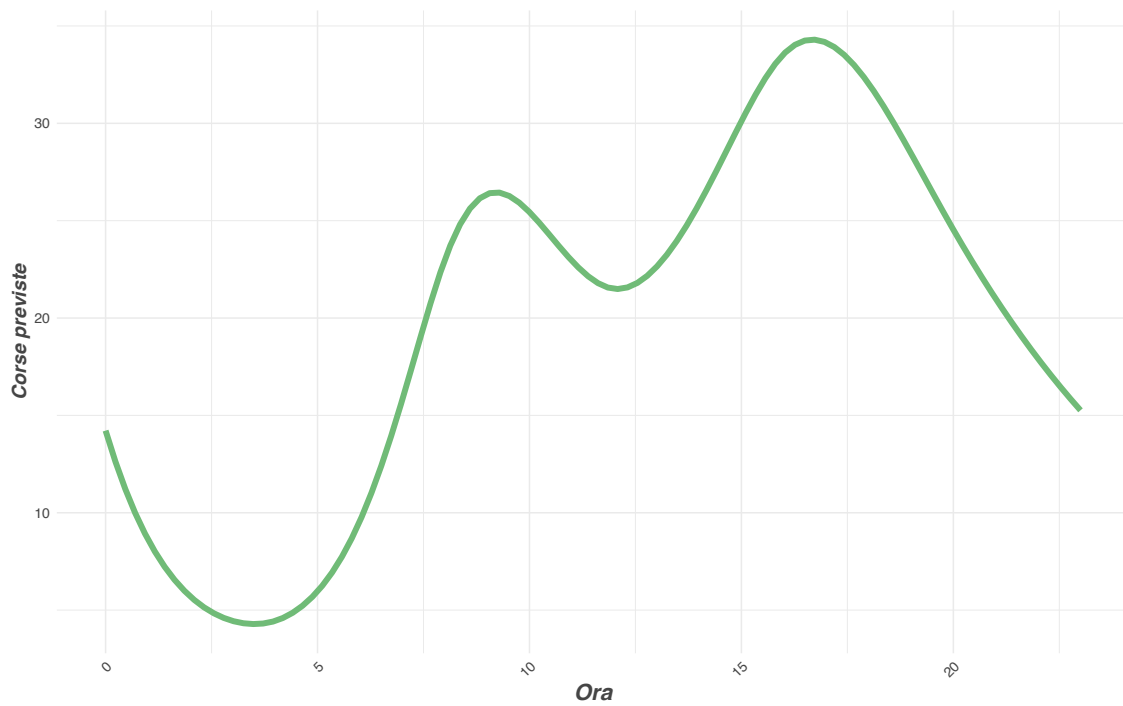
Signif. codes: \*\*\* < 0.001, \*\* < 0.01, \* < 0.05, . < 0.1, ' ' < 1

### 3.2.3 Modello binomiale negativo con spline di regressione ed effetti casuali

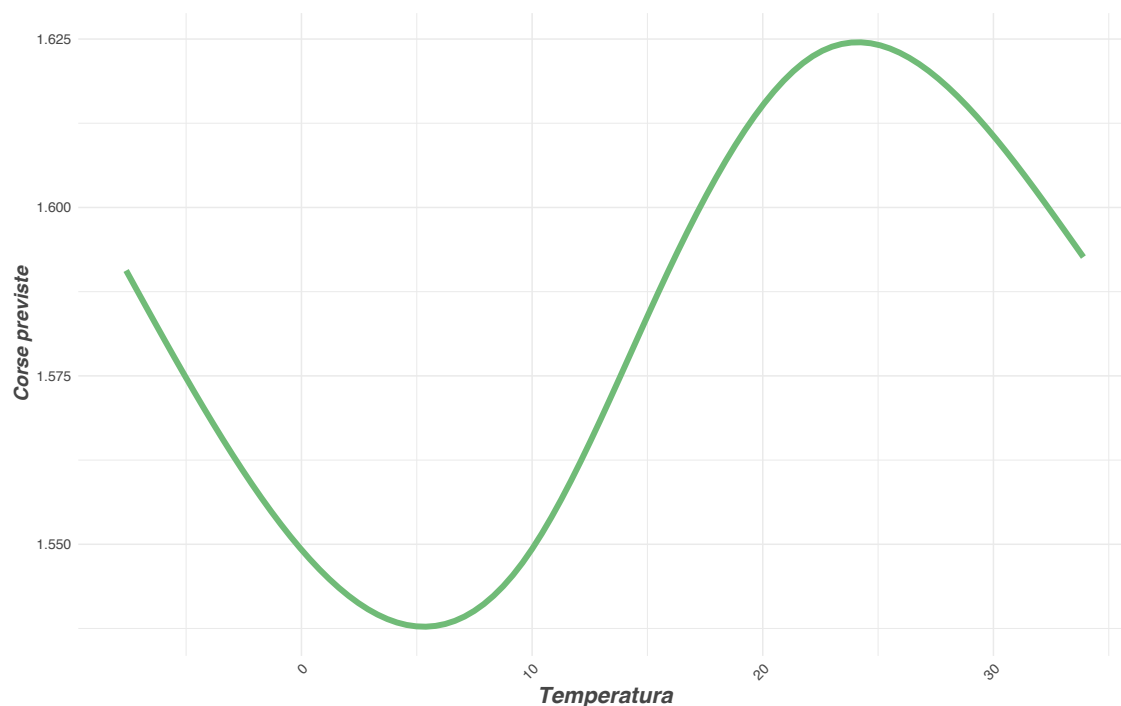
Infine, è stato incluso un effetto casuale per percorso, il che suggerisce che le osservazioni siano raggruppate in diversi percorsi e che esistono variazioni casuali tra questi che possono influenzare i conteggi delle corse. Questa struttura permette di modellare le correlazioni all'interno dei gruppi di dati, tenendo conto delle differenze sistematiche tra i percorsi osservati.



**Figura 3.25:** Corse previste dal modello per i giorni dell'anno.



**Figura 3.26:** Corse previste dal modello per l'orario del giorno.



**Figura 3.27:** Corse previste dal modello per la temperatura.

Le Figure 3.25, 3.26 e 3.27 mostrano che mentre per la temperatura e i giorni dell'anno sembra esserci leggermente una maggiore variabilità rispetto alle stesse variabili nel modello senza l'effetto casuale, per l'orario del giorno sembra, invece, non esserci alcun tipo di variazione percepibile a occhio nudo.

L'intercetta ha un valore di -0.110, che rappresenta il valore stimato della variabile dipendente (corse) quando tutte le altre variabili indipendenti sono pari al loro valore di riferimento o al valore medio, a seconda del tipo di variabile.

Per i giorni dell'anno:

- `ns(start_day, df = 5)1`: Il coefficiente è 0.024 con un  $p$ -value di 0.341, che indica che non è statisticamente significativo.
- `ns(start_day, df = 5)2`: Il coefficiente è 0.121 con un  $p$ -value molto basso ( $< 0.0001$ ), indicando una significativa associazione positiva.
- `ns(start_day, df = 5)3`: Il coefficiente è 0.048 con un  $p$ -value di circa 0.0003, significativo positivamente.
- `ns(start_day, df = 5)4`: Il coefficiente è 0.210 con un  $p$ -value  $< 0.0001$ , mostrando una significativa associazione positiva.



- `ns(start_day, df = 5)5`: Il coefficiente è -0.054 con un  $p$ -value di circa 0.0002, indicando una significativa associazione negativa.

Per l'orario del giorno:

- I coefficienti per ciascun nodo spline (da `ns(ORA, df = 6)1` a `ns(ORA, df = 6)6`) mostrano tutti  $p$ -value molto bassi (tutti  $< 0.05$ ), indicando che sono statisticamente significativi. Questi coefficienti rappresentano l'effetto degli intervalli specifici dell'ora rispetto al valore di riferimento della curva spline.

Per la temperatura:

- I coefficienti per ciascun nodo spline (da `ns(temp, df = 4)1` a `ns(temp, df = 4)4`) non mostrano significatività statistica ( $p > 0.05$ ), tranne `ns(temp, df = 4)2` con un  $p$ -value di circa 0.07, che suggerisce una possibile associazione.

Le precipitazioni e l'apertura delle istituzioni hanno entrambe coefficienti con  $p$ -value molto bassi, indicando una significativa associazione con le corse.

La variabile qualitativa riguardante il giorno della settimana mostra una non significatività solamente per il sabato, giorno molto simile alla domenica per quanto riguarda le corse anche tenendo in considerazione l'effetto dei percorsi.

**Tabella 3.3:** Coefficienti del modello di regressione binomiale negativo con splines ed effetti casuali per i percorsi.

Variable	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>  z )
(Intercept)	-0.110	0.038	-2.920	0.003 **
ns(start_day, df = 5)1	0.024	0.025	0.952	0.341
ns(start_day, df = 5)2	0.121	0.026	4.673	2.96e-06 ***
ns(start_day, df = 5)3	0.048	0.013	3.656	2.57e-04 ***
ns(start_day, df = 5)4	0.211	0.032	6.612	3.80e-11 ***
ns(start_day, df = 5)5	-0.054	0.014	-3.773	1.61e-04 ***
ns(ORA, df = 6)1	0.096	0.015	6.435	1.24e-10 ***
ns(ORA, df = 6)2	0.062	0.018	3.462	5.36e-04 ***
ns(ORA, df = 6)3	0.193	0.016	12.122	< 2e-16 ***
ns(ORA, df = 6)4	0.086	0.013	6.644	3.05e-11 ***
ns(ORA, df = 6)5	0.205	0.028	7.311	2.65e-13 ***
ns(ORA, df = 6)6	-0.030	0.013	-2.415	0.016 *
ns(temp, df = 4)1	0.002	0.030	0.059	0.953
ns(temp, df = 4)2	0.050	0.028	1.792	0.073 .
ns(temp, df = 4)3	-0.034	0.066	-0.508	0.611
ns(temp, df = 4)4	0.030	0.031	0.951	0.342
precip	-0.030	0.006	-4.830	1.36e-06 ***
scuolachiusa	-0.013	0.008	-1.697	0.090 .
st.giornoGiovedì	0.029	0.010	2.858	0.004 **
st.giornoLunedì	0.030	0.010	2.931	0.003 **
st.giornoMartedì	0.031	0.010	2.988	0.003 **
st.giornoMercoledì	0.034	0.010	3.297	9.76e-04 ***
st.giornoSabato	-0.003	0.011	-0.295	0.768
st.giornoVenerdì	0.022	0.010	2.104	0.035 *

Signif. codes: \*\*\* < 0.001, \*\* < 0.01, \* < 0.05, . < 0.1, ' ' < 1

### 3.3 Conclusioni

In questo capitolo, si è condotta un'analisi approfondita sui dati di utilizzo delle biciclette nella città di Mestre, utilizzando tecniche di cluster analysis e modellistica statistica per identificare pattern significativi e fattori influenti sul comportamento degli utenti.

L'applicazione del clustering gerarchico ha permesso di suddividere il dataset in 37 cluster distinti, basati sulle coordinate spaziali dei punti di partenza e arrivo delle biciclette. La visualizzazione dei cluster tramite dendrogramma e mappa ha mostrato una chiara organizzazione geografica dei punti di utilizzo, con alcune destinazioni emergenti come particolarmente frequentate. Mestre Stazione - Quartiere scolastico Mestre è risultata la destinazione più popolare, con il 22,86% delle corse, seguita da Mestre Centro e Area Ex Ospedale - Piazza Donatori di Sangue, con rispettivamente l'11,13% e il 9,98% delle corse. L'analisi

grafica ha evidenziato differenze nell'utilizzo dei percorsi tra biciclette tradizionali e biciclette elettriche, con una maggiore frequenza di destinazioni lontane per le biciclette elettriche. Tuttavia, la decisione di unificare l'analisi per entrambe le tipologie di biciclette ha facilitato l'interpretazione complessiva dei dati.

L'analisi del modello di regressione binomiale negativa ha fornito importanti intuizioni sui fattori che influenzano l'uso delle biciclette. Portando qualche esempio: la chiusura degli istituti educativi riduce il tasso di utilizzo dell'11.5%, ogni aumento di un millimetro di pioggia diminuisce l'incidenza dell'80.2%, e ogni aumento di un grado nella temperatura è associato a un incremento dell'1.3%. L'analisi temporale ha rivelato variazioni significative nell'uso delle biciclette durante la settimana e nelle diverse ore del giorno: durante i giorni feriali, c'è un maggiore utilizzo per spostamenti casa-lavoro o scuola, mentre nei fine settimana l'uso si sposta verso parchi e aree ricreative. Le ore di punta per l'uso delle biciclette sono state individuate al mattino e al tardo pomeriggio, con un calo significativo durante la notte.

Integrando le splines di regressione seguite dall'inclusione di un effetto casuale per il tipo di percorso (codificato come partenza-arrivo), è stato possibile analizzare più approfonditamente gli andamenti delle variabili di interesse. Emergono chiaramente dei pattern stagionali nelle corse delle biciclette, con un picco di utilizzo durante i mesi autunnali e primaverili. Questo fenomeno potrebbe essere attribuito sia all'apertura delle istituzioni scolastiche e universitarie, sia alle condizioni climatiche più miti.

Per quanto riguarda l'orario, si osserva una ciclicità marcata con picchi di utilizzo tra le 8 e le 9 di mattina, e nuovamente tra le 17 e le 19 di sera, seguiti da un calo significativo durante la notte. Questo suggerisce un chiaro legame tra l'orario e la domanda di servizio delle biciclette, influenzato dagli schemi di lavoro e dalle attività quotidiane delle persone. Riguardo alla temperatura, l'analisi indica che le corse di bicicletta aumentano durante le temperature moderate e diminuiscono durante quelle estreme. Questo andamento suggerisce una preferenza per condizioni climatiche più miti, mentre le estreme condizioni meteorologiche, sia calde che fredde, riducono l'utilizzo delle biciclette.

Gli effetti casuali introdotti nel modello contribuiscono a modulare i risultati, offrendo una panoramica più completa se si considerano anche i diversi percorsi utilizzati dagli utenti.

Questi risultati evidenziano l'importanza della pianificazione urbana e delle infrastrutture ciclistiche per supportare l'uso delle biciclette come mezzo di trasporto sostenibile. Le aree centrali e ben servite come Mestre Centro e la stazione ferroviaria sono nodi cruciali che dovrebbero essere ulteriormente sviluppati e promossi. Inoltre, le condizioni meteorologiche e la disponibilità di strutture educative giocano un ruolo significativo nell'influenzare il

comportamento degli utenti, suggerendo che interventi mirati in queste aree potrebbero aumentare l'uso delle biciclette.

In sintesi, l'analisi condotta in questo capitolo offre una visione dettagliata delle dinamiche di mobilità ciclistica a Mestre, fornendo preziose indicazioni per migliorare l'efficienza e l'attrattività del sistema di bike sharing della città.

# Discussione

---

## 4.1 Risultati

La ricerca condotta sul sistema di bike sharing a Mestre ha fornito risultati significativi che offrono una visione approfondita sull'uso delle biciclette nella città. Innanzitutto, la distribuzione geografica degli utenti ha mostrato che le aree centrali come Mestre Centro e la stazione ferroviaria sono i nodi principali per l'uso delle biciclette, indicando la necessità di concentrare gli sforzi di pianificazione urbana su queste zone per promuovere ulteriormente il bike sharing come mezzo di trasporto sostenibile. Inoltre, le condizioni meteorologiche hanno un impatto significativo sull'uso delle biciclette: a ogni millimetro di pioggia in più diminuisce l'uso delle biciclette di quasi il 20%, mentre un aumento di un grado nella temperatura è associato a un incremento di circa l'1,3%.

Un'altra scoperta importante riguarda le fasce orarie e i giorni della settimana, che mostrano una variazione significativa nell'uso delle biciclette. Durante i giorni feriali, c'è un maggiore utilizzo per gli spostamenti casa-lavoro o casa-scuola, mentre nei fine settimana l'uso si sposta verso parchi e aree ricreative.

Includendo nel modello anche delle splines di regressione con l'effetto casuale per il tipo di percorso ha permesso di analizzare dettagliatamente le tendenze delle corse in bicicletta. Sono emersi chiaramente pattern stagionali con picchi durante autunno e primavera, attribuiti sia all'apertura delle istituzioni scolastiche e universitarie che alle condizioni climatiche miti, una ciclicità evidente per l'orario con picchi alle 8-9 del mattino e tra le 17 e le 19, seguiti da un calo notturno, riflettendo le dinamiche lavorative e quotidiane, e un andamento quasi quadratico della temperatura, dove le corse aumentano con temperature moderate e diminuiscono con estremi climatici, indicando una preferenza per condizioni più miti. Inoltre, considerando il tipo di percorsi e gli orari più frequenti si ipotizza che le biciclette condivise siano usate maggiormente da studenti e lavoratori che frequentano scuole e università, perché i percorsi ciclabili nei giorni in cui le istituzioni sono aperte sono maggiormente affollati nelle zone interessate, mentre durante i giorni di chiusura si registra una diminuzione di tali flussi. Infine, l'analisi ha mostrato differenze nell'uso dei percorsi tra biciclette tradizionali e biciclette elettriche, con una maggiore frequenza di destinazioni lontane per le biciclette elettriche. Tuttavia, la decisione di unificare l'analisi, per via dei pattern dei percorsi simili, per entrambe le tipologie di biciclette ha facilitato l'interpretazione complessiva dei dati.

## 4.2 Limiti della ricerca

Nonostante i risultati ottenuti siano significativi, la ricerca presenta alcuni limiti che devono essere considerati. Uno dei principali riguarda l'accuratezza dei dati GPS utilizzati per tracciare i percorsi delle biciclette. Alcuni dati hanno mostrato distanze pari a zero nonostante i punti di partenza e arrivo fossero chiaramente diversi. Questo problema è stato maggiormente risolto utilizzando il comando `distVincentyEllipsoid` della libreria `geosphere` per calcolare una misura più precisa della distanza percorsa. Un altro limite riguarda la presenza di outlier geografici, con circa il 10% dei dati iniziali che mostravano viaggi iniziati o terminati in zone di difficile accesso come il centro di Venezia o Lido-Pellestrina. Questi dati sono stati esclusi dall'analisi finale, il che potrebbe aver ridotto la rappresentatività del dataset completo.

I dati meteorologici utilizzati provengono da una fonte specifica (ARPAV) e potrebbero non rappresentare accuratamente le condizioni meteorologiche in tutte le aree di Mestre.

Un'altra limitazione riguarda le variabili non considerate nella ricerca. Sebbene ci si sia concentrati su variabili specifiche come le condizioni meteorologiche, le caratteristiche geografiche e i dati temporali, altre variabili potenzialmente influenti, come le condizioni delle strade, la presenza di piste ciclabili dedicate, il costo del servizio e le politiche locali di promozione del bike sharing, non sono state incluse nell'analisi. Infine, l'anonimizzazione dei dati utente, pur essendo necessaria per questioni di privacy, ha limitato la possibilità di effettuare analisi più dettagliate sul comportamento dei singoli utenti: informazioni come l'età, il genere o la frequenza d'uso, non disponibili nel dataset fornito per questa ricerca, potrebbero fornire ulteriori spunti interessanti.

## 4.3 Discussioni

I risultati ottenuti suggeriscono diverse implicazioni per la pianificazione urbana e le politiche di mobilità sostenibile. L'utilizzo del bike sharing risulta molto spesso essere collegato, in partenza o arrivo, alla stazione ferroviaria, lasciando immaginare come si possa trattare di una forma di mobilità utilizzata da molti per il cosiddetto "ultimo miglio", ovvero per coprire quei tragitti non forniti da altri mezzi di trasporto pubblico o percorribili più rapidamente con un servizio di mobilità non di linea. La promozione del bike sharing in aree centrali e ben servite, combinata con interventi per migliorare le infrastrutture ciclabili ed azioni di pricing e/o marketing mirato, potrebbe portare a un aumento significativo dell'uso delle biciclette. A ciò va aggiunta anche la crescente attenzione delle persone verso

le tematiche legate alla sostenibilità per cui, anche nel quotidiano, l'utilizzo di un mezzo a impatto zero può diventare un'azione importante per il singolo e la comunità. L'analisi delle fasce orarie di maggior utilizzo, correlate ai giorni della settimana, fornisce indicazioni utili per identificare le diverse tipologie di utenti del servizio e pianificare così di conseguenza interventi di migliorie di servizio e/o azioni di fidelizzazione e marketing.

Tuttavia, i limiti della ricerca sottolineano la necessità di ulteriori studi per comprendere meglio le dinamiche dell'uso delle biciclette. Future ricerche potrebbero includere variabili aggiuntive, migliorare l'accuratezza dei dati e considerare una gamma più ampia di fattori influenti. Inoltre, collaborazioni più strette con le autorità locali e i fornitori di servizi di bike sharing — e magari altre forme di mobilità in condivisione — potrebbero facilitare l'accesso a un numero maggiore di dati, migliorando ulteriormente la qualità delle analisi. In conclusione, questa ricerca fornisce una base solida per comprendere le dinamiche del bike sharing a Mestre, offrendo spunti preziosi per l'amministrazione comunale in ottica di iniziative e interventi futuri volti a promuovere la mobilità sostenibile.

## Conclusioni

---

In un contesto contemporaneo in cui sta prendendo sempre più piede l'idea di condivisione di beni e servizi grazie a innumerevoli piattaforme digitali che permettono di concludere transazioni in maniera sicura e trasparente, anche nel settore della mobilità le possibilità di utilizzo di mezzi in condivisione sono sempre più frequenti in diverse città italiane, europee e mondiali. Senza dubbio una spinta in tale direzione proviene anche dalla crescente attenzione dei cittadini nei confronti di tematiche ambientali e di adesione a comportamenti sempre meno impattanti per il pianeta. A partire da giugno 2020 anche il Comune di Venezia ha introdotto il servizio di bike sharing, affidandolo all'impresa RideMovi e dopo i primi anni di offerta del servizio, l'amministrazione ha richiesto un'analisi dei principali pattern di percorsi effettuati con le biciclette in condivisione, correlandoli a differenti variabili. La ricerca condotta ha fornito risultati significativi che offrono una visione approfondita sull'uso delle biciclette nella città e permettono di fornire una risposta alla domanda di ricerca del presente elaborato.

Quanto alla presenza di una relazione tra le condizioni metereologiche e l'utilizzo delle biciclette in condivisione si è notato che l'andamento delle corse è maggiormente influenzato dalle temperature (elevate o basse) piuttosto che dalle precipitazioni. Più in dettaglio si può affermare che l'impatto delle precipitazioni risulta più immediato sul numero delle corse ma, rispetto alla temperatura, ha un'influenza meno consistente sull'andamento generale dell'utilizzo del servizio di bike sharing. A ogni millimetro di pioggia in più, diminuisce l'uso delle biciclette di quasi il 20%, mentre un aumento di 5 gradi nella temperatura viene associato a un incremento di circa il 7% delle corse. Inoltre, grazie al calcolo della correlazione di Spearman è emerso che esiste una correlazione positiva delle corse con la temperatura (0.33) e una leggera correlazione negativa con le precipitazioni (-0.13).

Spunti interessanti sono emersi anche riguardo l'identificazione dei principali pattern dei percorsi effettuati con il bike sharing, sia in termini di tempo (giorno della settimana, orario, stagione) sia in termini di tragitti. Tendenzialmente l'utilizzo delle biciclette tradizionali rispetto alle e-bike non varia in termini di tragitti, mentre si è calcolata una differenza di circa 13% per quanto riguarda la distanza media percorsa con i due tipi di bici. Un ulteriore aspetto di divergenza si è notato tra i mesi invernali e il resto dell'anno, quando nei primi l'utilizzo delle e-bike supera quello delle biciclette tradizionali. Tuttavia, viste le scarse differenze sui pattern dei percorsi, è stato deciso di unificare l'analisi per entrambe le tipologie di biciclette così da facilitare l'interpretazione complessiva dei dati.

Un ulteriore aspetto emerso riguarda la differenza tra i giorni di maggiore utilizzo del servizio: il bike sharing, infatti, è maggiormente usato durante i giorni della settimana, dal



lunedì al venerdì, rispetto che al weekend, il che può far ipotizzare come molti utenti siano lavoratori e/o studenti. Ciò può trovare conferma se si osservano le fasce orarie di maggior utilizzo del servizio: nella giornata infrasettimanale sono state individuate principalmente 3 fasce di punta, ovvero dalle 8 alle 9 di mattina, dalle 13 alle 14 e dalle 17 alle 19, ovvero i momenti della giornata che tradizionalmente corrispondono all'inizio e alla fine delle attività lavorative e/o scolastiche.

Per studiare la distribuzione geografica delle corse si è ricorsi all'utilizzo di un approccio di clustering gerarchico grazie al quale sono stati identificati 37 cluster principali basati sulle coordinate spaziali dei punti di partenza e arrivo delle biciclette e denominati con l'utilizzo di OpenStreetMap. Tra questi, 7 cluster su 37 ospitano oltre il 62% di tutte le corse effettuate nella terraferma e il solo cluster denominato "Mestre stazione / quartiere scolastico" il 22,8% delle corse.

Il percorso in assoluto più frequentato, come appare dai grafici riportati nelle pagine precedenti, è circoscritto all'interno del cluster "Mestre Stazione / Quartiere Scolastico" che risulta essere contemporaneamente sia punto di partenza che meta di numerose corse. Tra gli altri percorsi più frequentati si riportano quello che collega la stazione al centro di Mestre, e quello tra la Stazione e Piazza Donatori di Sangue. Ancora una volta, la presenza della stazione ferroviaria nella top 3 dei punti di partenza e/o arrivo di molte corse avvalorava l'idea che il servizio di bike sharing sia molto usato da pendolari studenti e/o lavoratori. Ad ulteriore supporto emerge come i punti di inizio e fine corsa durante i giorni lavorativi siano differenti da quelli del weekend, concentrati soprattutto in aree ricreative.

Un focus sui flussi diretti verso i cluster contenenti gli istituti scolastici e universitari in due periodi diversi dell'anno, ovvero uno di apertura degli istituti di formazione e uno di chiusura, ha confermato come cambi il numero di corse delle biciclette: la chiusura degli istituti educativi riduce il tasso di utilizzo dell'11,5

L'analisi del modello di regressione binomiale negativa ha offerto chiare indicazioni sui fattori che influenzano l'utilizzo delle biciclette. Ad esempio, la chiusura degli istituti educativi ha determinato una riduzione dell'utilizzo del 11.5%. Inoltre, ogni millimetro di pioggia ha ridotto l'uso delle biciclette dell'80.2%, mentre un aumento di un grado Celsius nella temperatura ha incrementato l'utilizzo dell'1.3%.

L'analisi temporale ha evidenziato variazioni significative nei pattern di utilizzo delle biciclette durante la settimana e nelle diverse ore del giorno. Durante i giorni feriali, si è osservato un maggiore utilizzo per spostamenti casa-lavoro o scuola, mentre nei fine settimana l'uso si è concentrato maggiormente verso parchi e aree ricreative. Sono stati evidenziati dei picchi di utilizzo tra le 8 e le 9 di mattina, e nuovamente tra le 17 e le 19 di sera, seguiti da un marcato calo durante la notte.

Infine, l'aggiunta al modello di splines di regressione ed effetti casuali ha permesso di modulare i risultati considerando le caratteristiche eterogenee dei percorsi, evidenziando anche la poca significatività in termini di impatto sulle corse delle biciclette della temperatura e dell'apertura delle istituzioni scolastiche e universitarie (rispettivamente con  $p = 0.07$  e  $p = 0.09$ ). Questo approccio ha migliorato la comprensione dei fattori che influenzano l'utilizzo del bike sharing a Venezia, tenendo in considerazione anche la differenza tra i vari percorsi.

Sulla base di tali principali considerazioni e considerando i limiti del presente lavoro di ricerca, l'amministrazione Comunale di Venezia potrà ricavare spunti interessanti per pianificare il futuro della mobilità del suo territorio di competenza. Da un lato dovrà tenere a mente gli attuali comportamenti degli utenti in termini di tempi e modalità di utilizzo della flotta ad oggi disponibile, dall'altro dovrà riuscire a considerare che nel prossimo futuro sarà fondamentale riuscire a implementare nelle città forme di mobilità sempre più capillari, efficienti e sostenibili, in grado soddisfare le esigenze di cittadini e turisti, come non mai attenti alle conseguenze delle loro azioni e alla limitazione del loro impatto sull'ambiente circostante.

# Bibliografia

---

- [1] ARPAV, Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto, <https://www.arpa.veneto.it/>
- [2] Borsa Italiana, <https://www.borsaitaliana.it/>
- [3] Comune di Venezia, <https://www.comune.venezia.it/>
- [4] Moveo by Telepass: Bike sharing a Venezia tutto quello che devi sapere sul noleggio delle bici elettriche, <https://moveo.telepass.com/bike-sharing-veneziah-prezzi-bici-elettriche-noleggio/>
- [5] Asperti, S.: Osservatorio Nazionale di Sharing Mobility, Il monitoraggio dei servizi di sharing mobility, <https://osservatoriosharingmobility.it/>
- [6] Azzalini, A., Scarpa, B.: Analisi dei dati e data mining. Springer Science & Business Media (2009)
- [7] Barbiani, E., Sarto, G.: Mestre Novecento: il secolo breve della città di terraferma (2007)
- [8] Barbosa, H., Barthelemy, M., Ghoshal, G., James, C.R., Lenormand, M., Louail, T., Menezes, R., Ramasco, J.J., Simini, F., Tomasini, M.: Human mobility: Models and applications. Physics Reports (2018)
- [9] Barizza, S.: Mestre, la città del novecento. Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani (2002)
- [10] Everitt, B., Hothorn, T.: An introduction to applied multivariate analysis with R. Springer Science & Business Media (2011)
- [11] Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.H., Friedman, J.H.: The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction, vol. 2. Springer (2009)
- [12] Hossain, M.: Sharing economy: A comprehensive literature review. International Journal of Hospitality Management (2020)
- [13] Johnson, R., Wichern, D.: Applied Multivariate Statistical Analysis. Pearson Education Limited (2013)
- [14] Machado, C.A.S., de Salles Hue, N.P.M., Berssaneti, F.T., Quintanilha, J.A.: An overview of shared mobility. Sustainability (2018)

- [15] Petropoulos, G.: An economic review of the collaborative economy. Tech. rep., Bruegel Policy Contribution (2017)
- [16] Rizzo, M.A.: Nascita ed evoluzione delle sharing economy: il dono e le relazioni creano felicità. Università Ca'Foscari Venezia (2016)
- [17] Roberts, M.: PBSC Urban Solutions, The meddin Bike-sharing Worl Map Report, <https://www.pbsc.com/>
- [18] Salvan, A., Sartori, N., Pace, L.: Modelli lineari generalizzati. Springer (2020)
- [19] Shaheen, S., Cohen, A., Zohdy, I., et al.: Shared mobility: current practices and guiding principles. Tech. rep., United States. Federal Highway Administration (2016)
- [20] Stevanato, R.: Mestre, un Versaglies in piccolo (2007)
- [21] Zazzara, G.: I cento anni di Porto Marghera (1917-2017) (2017)

# Ringraziamenti

---

Ringrazio sinceramente il Prof. Stefano Mazzuco per il suo ruolo di relatore e per la sua disponibilità durante tutto il periodo di stesura della tesi. I suoi preziosi consigli e il suo sostegno hanno contribuito in modo significativo al successo di questo lavoro accademico.

Desidero esprimere la mia gratitudine al Comune di Venezia per avermi offerto l'opportunità di svolgere questo lavoro di tesi, e in particolare a RideMovi per aver gentilmente fornito i dati necessari per la mia ricerca.

Un ringraziamento speciale va a Gaia, che ha sempre creduto in me e mi ha supportato con affetto e (molta) comprensione lungo il cammino universitario. La sua presenza e il suo incoraggiamento sono stati fondamentali per affrontare le sfide e raggiungere gli obiettivi che mi ero prefissato. Ho promesso di costruirle una statua una volta laureato.

Non posso non menzionare il sostegno incondizionato dei miei genitori: il loro costante supporto morale sono stati fondamentali per superare le difficoltà e portare a termine questo importante traguardo accademico.

Infine, un ringraziamento speciale va ai miei amici più stretti, che hanno condiviso con me gioie e sfide di questi anni universitari.