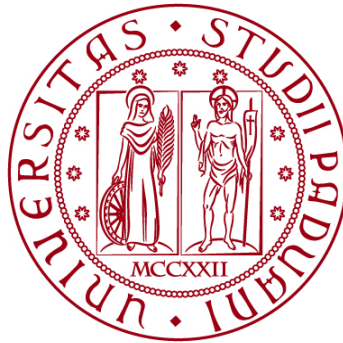


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile



TESI DI LAUREA

**GESTIONE DELLA MOBILITÀ CICLISTICA
NEL COMUNE DI VENEZIA:
STRUMENTI INFORMATIVI
A SUPPORTO DELLE DECISIONI**

Relatore:
Chiar.mo PROF. LUCA DELLA LUCIA
Correlatori:
DOTT. MATTEO STEVANATO
ARCH. CHIARA RICCATO

Laureando: ALESSANDRO TOLIO
matricola: 2038458

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

Abstract

La presente tesi dapprima riassume i principi della pianificazione della mobilità urbana sostenibile e della mobilità ciclistica, approfondisce i diversi tipi di interventi infrastrutturali che la normativa italiana consente e i requisiti per la pianificazione e progettazioni di reti, archi e nodi ciclabili di qualità.

Il documento prosegue con un inquadramento conoscitivo della mobilità nella terraferma veneziana e la sua evoluzione temporale, approfondimento indispensabile per inserirsi al meglio in un contesto già consolidato.

In seguito, la tesi entra nel vivo della gestione della mobilità ciclistica, illustrando i metodi con i quali si è realizzata la mappatura GIS della rete ciclabile esistente, si è messo a disposizione dell'utenza il prodotto finale della mappatura, si è creato un gestionale per seguire le esigenze manutentive dell'infrastruttura e si sono eseguite diverse analisi geografiche e modellistiche incrociando i dati derivanti dalla mappatura con dati georeferenziati come la popolazione, il trasporto pubblico, gli incidenti stradali, i poli attrattori e la domanda di mobilità.

Infine vengono analizzate differenti tecnologie per il monitoraggio della mobilità ciclistica e studiati i dati provenienti da monitoraggi temporanei e permanenti eseguiti nel comune di Venezia.

Sommario

1	Introduzione.....	4
2	Pianificazione della mobilità urbana sostenibile	6
2.1	Uno strumento innovativo.....	6
2.2	Le tappe del PUMS.....	8
3	Pianificazione della mobilità ciclistica	17
3.1	La sicurezza.....	20
3.2	La pianificazione comunale: il Biciplan	22
4	Soluzioni infrastrutturali per la mobilità ciclistica.....	26
5	Requisiti per infrastrutture ciclabili di qualità	33
5.1	Principi generali	33
5.2	Qualità di una rete ciclabile.....	35
5.3	Qualità degli archi.....	38
5.4	Qualità ai nodi.....	41
6	Quadro conoscitivo del sistema territoriale di studio	45
6.1	Evoluzione storica della mobilità nella terraferma veneziana.....	45
6.1.1	Il borgo antico di Mestre.....	45
6.1.2	Mestre, città del Novecento	46
6.2	Infrastrutture per la ciclabilità	50
6.3	Politiche a supporto della ciclabilità.....	54
7	Un sistema informativo a supporto delle attività degli uffici.....	59
7.1	Mappatura della rete ciclabile esistente.....	59
7.2	Divulgazione della rete ciclabile	64
7.2.1	Condivisione della rete con Google Maps.....	64
7.2.2	Implementazione della rete su OpenStreetMap	70
7.3	Gestionale geografico della ciclabilità	72

7.3.1	Concezione e costruzione di un gestionale	72
7.3.2	Implementazione dei dati nel gestionale.....	75
8	Analisi delle criticità e delle potenzialità.....	80
8.1	Analisi della popolazione servita dalla rete ciclabile.....	80
8.2	Analisi della popolazione servita dal trasporto pubblico.....	83
8.3	Analisi dell'accessibilità ai principali poli attrattori	87
8.4	Analisi dell'incidentalità.....	91
8.5	Analisi sul campo delle criticità e potenzialità infrastrutturali	105
8.6	Analisi modellistica della domanda di mobilità.....	110
9	Monitoraggio della mobilità ciclistica	121
9.1	Tecnologie disponibili.....	122
9.2	Programmare il monitoraggio	127
9.3	Il monitoraggio nella terraferma veneziana.....	129
9.3.1	Monitoraggio temporaneo.....	129
9.3.2	Monitoraggio permanente.....	134
10	Conclusioni.....	141
11	Bibliografia	144

1 Introduzione

Analizzando i dati del 2023 sull'evoluzione della mobilità in Italia, emerge un Paese molto conservatore per quanto riguarda le abitudini di spostamento. Dal 2000 ad oggi gli spostamenti effettuati con l'auto privata sono passati dal 65,9% al 70,3%, la mobilità attiva dal 25,6% al 22,5% e quella collettiva dall'8,5% al 7,2% [1]. L'uso dell'auto privata è in continua espansione, la mobilità sostenibile in contrazione. È evidente che le politiche messe in atto per l'incentivazione delle forme di mobilità sostenibili non sono ancora riuscite ad invertire il trend e a modificare le abitudini degli italiani.

Questa tesi si concentra sulla mobilità ciclistica, il modo di trasporto meno energivoro in assoluto e anche quello con la più ampia possibilità di crescita e sviluppo a livello urbano, soprattutto in un contesto come quello italiano, con un clima temperato e dove la metà della popolazione vive in pianura [2]. Il recente avvento delle e-bike, inoltre, estende la platea dei potenziali utilizzatori di questo mezzo nella mobilità quotidiana, ampliandola agli anziani e ai meno atletici, allargando l'orizzonte spaziale raggiungibile a parità di sforzo e offrendo una prospettiva ciclistica anche a quel 38,7% di popolazione italiana che vive in collina [2].

La bicicletta migliora la salute fisica e psichica, combatte la sedentarietà, scarica lo stress e garantisce autonomia a bambini e anziani. È un mezzo democratico perché è adatto ad ogni fascia d'età, non richiede costose patenti né particolari strumenti e ha costi d'acquisto e gestione molto inferiori ai mezzi motorizzati. La bicicletta in città permette di risparmiare tempo negli spostamenti di breve e media distanza e consente di arrivare da porta a porta senza le difficoltà della ricerca di un parcheggio. La bici non produce inquinamento, né atmosferico, né acustico, migliorando la salute collettiva e quella dell'ambiente, aumentando la qualità della vita. È un veicolo che occupa pochissimo spazio, sia quando è in sosta che quando è in movimento; lo spazio pubblico risparmiato dalla mobilità, può essere utilizzato per la socialità e le attività ricreative, generando coesione sociale.

Questa tesi di laurea è stata sviluppata nel corso di un tirocinio di 6 mesi presso il *Comune di Venezia - Area Lavori Pubblici - Settore Mobilità e Viabilità Terraferma - Servizio Pianificazione della Mobilità e Piste Ciclabili*. Il tirocinio si è svolto parallelamente alle attività di sviluppo del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile in corso di redazione presso l'ente ospitante.

Nel corso di tale esperienza ci si è occupati dello svolgimento di diverse attività per lo sviluppo di strumenti informativi a supporto delle attività dell'ufficio. Si è mappata dettagliatamente la rete ciclabile esistente, grazie ad un software GIS (Geographic Information System), rendendola disponibile al maggior numero possibile di utenti per la consultazione e la navigazione, sulle piattaforme digitali oggi più diffuse e utilizzate. Il lavoro è stato condotto attraverso la definizione dei criteri di classificazione degli elementi della rete e il progetto di una base dati adeguata a registrare diversi tipi di informazioni utili alla gestione delle attività di progettazione, manutenzione e controllo dell'infrastruttura da parte degli uffici. Si sono poi svolte analisi geografiche per individuare le criticità e le potenzialità di sviluppo della rete esistente, in un territorio che già oggi vanta oltre 180 km di infrastrutture ciclabili. Infine si sono analizzati i dati di monitoraggio temporanei e permanenti della mobilità ciclistica.

2 Pianificazione della mobilità urbana sostenibile

Il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile è uno strumento di pianificazione strategica della mobilità che nasce a livello europeo nel 2013 [3] per migliorare la qualità della vita nelle aree urbane e periurbane dell'Unione intervenendo su trasporti, mobilità e logistica di un sistema territoriale [4].

L'Unione Europea ha scelto di concentrare la sua attenzione nel miglioramento in chiave sostenibile della mobilità in ambito urbano in quanto il 70% della popolazione europea vive in città e le città presentano maggiori possibilità di ridurre l'utilizzo dei combustibili fossili, rispetto al sistema dei trasporti nel suo complesso, grazie alla grande densità di popolazione e alla quota elevata di spostamenti di breve distanza [5].

In Italia il PUMS è obbligatorio per le città metropolitane, gli enti di area vasta, i comuni e le associazioni di comuni con popolazione superiore a 100.000 abitanti [6] [7].

2.1 Uno strumento innovativo

Questo nuovo strumento è fortemente innovativo sia nei suoi principi, sia negli obiettivi, che per la prima volta introducono la sostenibilità sociale, economica e ambientale come discriminante per le politiche sulla mobilità, andando a delineare una città a misura di persona.

Il PUMS non si limita a seguire i confini amministrativi, ma richiede di considerare un'**area urbana funzionale**, determinata dai flussi di persone e merci che ogni giorno si muovono in un sistema territoriale. L'ambito di studio è quindi disegnato sulla domanda di mobilità, per dare risposte più consone alle esigenze dell'utenza. La redazione di tale strumento richiede un alto livello di cooperazione tra i vari livelli di governo, con i fornitori di servizi di trasporto e con gli enti degli altri settori connessi ai trasporti. Il piano include tutti i modi di trasporto: pubblici e privati, passeggeri e merci, motorizzati e attivi, infrastrutture e servizi, gestione del

traffico e della sosta, favorendo l'integrazione e l'intermodalità. Questo **approccio olistico** ai trasporti e alla mobilità orientato all'utenza favorisce le sinergie tra enti e modi di trasporto differenti incrementando sicurezza, accessibilità ed economicità del sistema dei trasporti nel suo complesso, con misure infrastrutturali, tecniche, normative, promozionali e finanziarie.

Il piano segue un approccio trasparente e **partecipativo** "bottom-up" tramite il coinvolgimento di cittadini e portatori d'interesse, siano essi residenti o visitatori, istituzioni o aziende private. La partecipazione attiva migliora l'accettazione e il sostegno dell'opinione pubblica e riduce i rischi politici.

Il PUMS richiede un'analisi della situazione trasportistica attuale, lo stato di fatto, per avere un quadro esaustivo della situazione di partenza, e un'analisi della sua possibile evoluzione futura, con diversi scenari, per stabilire traguardi ambiziosi ma realistici. Per valutare l'efficienza del sistema dei trasporti dell'area urbana funzionale si usano **indicatori di prestazione** misurabili riferiti ai singoli obiettivi e traguardi che il piano si pone di raggiungere nell'arco temporale decennale a cui è riferito. Gli indicatori di prestazione permettono poi in fase di attuazione di monitorare passo passo i progressi compiuti e mettere in atto eventuali misure correttive per mantenersi in linea con gli obiettivi fissati.

Il metodo introdotto dal PUMS deve necessariamente essere **adattivo**, per adeguarsi alla realtà oggetto di studio e modulare la portata del piano alle diverse dimensioni e caratteristiche specifiche delle città, mantenendo elevate le ambizioni a lungo termine e monitorando l'efficacia delle azioni sulla base di obiettivi e dei relativi indicatori [8].

2.2 Le tappe del PUMS

Il concetto di pianificazione della mobilità urbana sostenibile introdotto dal PUMS è un processo ciclico. Ciascun ciclo è suddiviso in 4 fasi, che raggruppano 12 tappe in cui ricadono 32 attività utili ad una buona riuscita del piano.



Questo simbolo un punto di coinvolgimento politico durante il processo relativo al PUMS

Figura 1 | Le 12 tappe del PUMS con la specificazione dei momenti di condivisione con i decisori politici
 Grafica di Rupprecht Consult in *Linee guida per la redazione dei PUMS*

Di seguito verranno sinteticamente analizzate le 4 fasi.

Fase 1 - Preparazione e analisi

Il piano inizia con un'analisi delle risorse disponibili, in particolare umane e finanziarie, per valutare l'effettiva fattibilità del piano. In seguito si individua la copertura geografica del piano, ovvero l'**area urbana funzionale**, tramite un'analisi dei flussi di traffico, tenendo in considerazione i collegamenti ai corridoi di lunga percorrenza come la rete TEN-T e la rete

stradale e ferroviaria nazionale. Si coinvolgono tutte le istituzioni territorialmente competenti sull'area funzionale. Se ciò non fosse possibile è necessario mantenere un occhio di riguardo per quelle zone appartenenti all'area funzionale ma rimaste fuori dal piano e stabilire con esse una buona collaborazione. Si definiscono poi le responsabilità e i ruoli delle singole autorità coinvolte, tramite un accordo politico da adottare in Consiglio Comunale.

Dal punto di vista tecnico, è fondamentale coinvolgere nella redazione del piano anche gli altri settori che interagiscono coi trasporti ed eventuali partner/professionisti esterni per colmare i deficit di competenze. Si crea un *gruppo tecnico* di lavoro **interdisciplinare** che seguirà l'intero iter del piano. Occorre individuare una persona che sarà responsabile/coordinatore del progetto, dotato di capacità e autorevolezza per portare a termine il lavoro. Tale gruppo di lavoro deve curare anche i rapporti con gli esponenti politici chiave per la pianificazione. Politici, di maggioranza e d'opposizione, e portatori d'interesse devono sentirsi coinvolti nel processo. Si costituisce un "*gruppo direttivo*" composto da politici e portatori d'interesse di primo piano, con i quali il confronto e il coinvolgimento sarà più intenso. Si stanziavano le risorse necessarie a bilancio e si definisce il calendario delle attività, considerando sia i tempi tecnici, necessari ad esempio per la fase di analisi e di pianificazione delle misure, sia i tempi necessari alle attività di coinvolgimento del pubblico, mantenendo un certo margine di flessibilità.

Già in questa fase viene pianificato il **coinvolgimento della cittadinanza** nel processo di redazione, in particolare nella fase iniziale, quando il piano è ancora generico e flessibile. È quindi fondamentale individuare possibili sinergie e conflitti tra portatori d'interesse, allargare il più possibile la base di sostegno del PUMS con un approccio aperto, democratico, trasparente e collaborativo (nella direzione tracciata dalla Convenzione di Aarhus [9]). La società dev'essere coinvolta nella sua interezza, valutando gli aspetti di esclusione sociale, quindi con particolare attenzione alle disabilità, ai giovani, agli anziani, alle minoranze etniche, etc e in riferimento all'intera area urbana funzionale. Le attività in cui è più utile il coinvolgimento della cittadinanza sono quelle in cui si può trarre vantaggio dalle idee, punti di

vista (scenari, prospettive, pacchetti di misure) e dall'impegno dei cittadini (in fase di attuazione del piano):



Figura 2 | Le 12 tappe del PUMS con la specificazione dei momenti di condivisione con cittadini e portatori d'interessi

Grafica di Rupprecht Consult in *Linee guida per la redazione dei PUMS*

Si selezionano gli strumenti di partecipazione più adatti al contesto e al target, garantendo un coinvolgimento più attivo possibile. Si definisce un calendario delle attività di coinvolgimento della popolazione e si adotta una strategia di comunicazione multicanale per divulgare le iniziative di partecipazione aperte alla cittadinanza, così da ampliare il più possibile il pubblico dei potenziali interessati.

Prima di iniziare l'analisi sulla mobilità è necessario assicurarsi di avere a disposizione tutti i **dati** necessari e in caso di indisponibilità stipulare accordi con le organizzazioni che li detengono. I dati raccolti devono essere il più possibile approfonditi, tali ad esempio da spiegare i comportamenti legati alla mobilità. Popolazione e portatori d'interessi possono

diventare una fonte diretta di informazioni in questo senso. Occorre verificare la qualità dei dati a disposizione e definire le lacune.

Si effettua un'approfondita **analisi** della situazione attuale di domanda e offerta relativamente a tutti i modi di trasporto, sia persone che merci, delle relative connessioni e della struttura urbana nell'area di studio, determinando problematiche ed **opportunità** anche con l'ausilio di mappe, utili a meglio definire nella fase 2 le tendenze e gli scenari e a sostenere il processo decisionale.

Di concerto con portatori d'interesse e cittadini si classificano i problemi riscontrati secondo un ordine di priorità. Particolare attenzione dev'essere rivolta allo studio dell'inclusività: parità di accesso, accessibilità economica e disponibilità dei trasporti [10].

Fase 2 - Sviluppo delle strategie

La seconda fase inizia dalla definizione dei possibili **scenari** futuri alternativi, sulla base della probabile evoluzione dei fattori esterni alla mobilità, valutando rischi e opportunità. Gli scenari permettono di stabilire con maggiore oggettività visione, obiettivi e target. Tali scenari devono essere almeno tre:

- lo scenario che si avrebbe se l'attuale indirizzo strategico rimanesse immutato,
- almeno due scenari con possibili indirizzi strategici migliorativi alternativi, ambiziosi ma realizzabili, affinché si possa scegliere quale produce maggiori vantaggi.

Per sviluppare gli scenari si usano modelli di pianificazione strategica o si formulano scenari qualitativi basati sul giudizio di esperti. Vanno valutate anche le interdipendenze con gli altri settori che interagiscono coi trasporti, dall'urbanistica all'economia, etc.

A questo punto entrano nuovamente in gioco cittadini e portatori d'interesse, chiamati ad esprimersi in un dibattito su una **visione** qualitativa di mobilità del futuro auspicata, una volta

resi edotti dei possibili scenari evolutivi della mobilità. È necessario porre massimo sforzo nel tentativo di coinvolgere e dare spazio nel dibattito alle fasce più marginali della popolazione e quindi più bisognose di una mobilità inclusiva e accessibile come giovani e anziani, minoranze etniche, individui a basso reddito, famiglie monoparentali e persone con disabilità [8]. A questo scopo è opportuno raccogliere l'opinione dei cittadini in molti punti del territorio, più in prossimità delle loro abitazioni, utilizzare strategie multicanale comprendendo anche l'online per favorire la partecipazione di tutti coloro che non hanno il tempo di partecipare ad un dibattito, collaborare con associazioni che rappresentano questi gruppi e utilizzare approcci multilingue. È inoltre possibile confrontare la composizione dei partecipanti ai dibattiti con la popolazione generale così da individuare i gruppi sottorappresentati e adottare ulteriori strategie per coinvolgerli e ascoltare le loro esigenze. Ai partecipanti devono essere fornite informazioni di base per garantire un livello di conoscenza iniziale adeguato. È preferibile che i risultati di ogni dibattito vengano resi pubblici per dare maggior senso di trasparenza e condivisione nelle scelte. Al termine dei dibattiti si elabora un progetto di visione e lo si sottopone a cittadini e portatori d'interesse per l'approvazione. Tale visione della mobilità del futuro servirà ad orientare la successiva definizione di obiettivi, indicatori e traguardi.

La visione deve poi essere convertita in **obiettivi** concreti, relativi a tutti i modi di trasporto, da porre alla base del PUMS. Tali obiettivi devono tener conto dei sovraordinati obiettivi regionali, nazionali e comunitari, anche per poter sfruttare eventuali linee di finanziamento in essere e future. Anche in questa attività è auspicabile il coinvolgimento dei portatori d'interessi. Gli obiettivi devono configurarsi solo come un orientamento strategico non troppo dettagliato. Il dettaglio verrà raggiunto nella fase successiva con la definizione delle misure.

In seguito, per ciascun obiettivo, vengono definiti gli **indicatori strategici**, o indicatori chiave, che devono essere facilmente misurabili ed esaustivi, considerando le fonti d'informazione a disposizione. Anche in questo caso l'utilizzo di indicatori già standardizzati a livello nazionale o comunitario permette sia di sfruttare le conoscenze già sperimentate e consolidate sia di

operare confronti con le altre città. Indicatori già in uso presso i portatori d'interesse sono più facili da misurare e mantenere aggiornati. Tali indicatori possono riguardare anche l'impatto dei trasporti su altri settori: ambiente, economia, sociale, etc. Ogni indicatore dovrà avere una definizione e una descrizione della modalità di raccolta dei dati e del relativo formato.

L'ultima attività di questa fase prevede di stabilire punti di verifica e **traguardi**, valori da raggiungere, per ciascuno degli indicatori strategici individuati. I traguardi devono essere S.M.A.R.T.: specifici, misurabili, attuabili, rilevanti per la comunità e temporalmente riferiti ovvero con scadenze precise [10].

Fase 3 - Pianificazione delle misure

In questa fase si passa dal livello strategico a quello operativo, definendo un elenco di possibili **misure** e relativa efficacia e fattibilità. Tra queste verranno poi scelte quelle che meglio soddisfano gli obiettivi del piano, in collaborazione con la cittadinanza. Le possibili misure si possono determinare prendendo esempio da iniziative di successo di altre città, consultando professionisti con esperienza e selezionando tra le proposte messe a disposizione a livello europeo nel *Manuale per l'integrazione delle misure in un PUMS*, sviluppato tramite il progetto CiViTAS della Commissione Europea [11]. È importante includere tra le misure anche quelle già individuate in altri piani settoriali vigenti nell'area di studio e ricollegabili alla mobilità, per dare coerenza alla pianificazione. Assicurarsi che le misure riguardino tutti i modi di trasporto, che siano realistiche e tecnicamente fattibili e che vi sia un equilibrio tra prospettive di breve, medio e lungo termine. Per ciascuna misura si valutano con un'**analisi multicriterio**, oppure un'analisi costi-benefici, l'efficacia in relazione a tutti gli obiettivi, l'accettabilità da parte dell'opinione pubblica e la fattibilità economica. In base a questa prima analisi si scelgono le misure più adatte al contesto di riferimento e se ne approfondisce l'analisi dei costi [12].

Le misure vengono poi raggruppate in **pacchetti integrati**, in modo da migliorare sinergie ed efficacia, garantendo l'integrazione tra i diversi modi di trasporto. Si effettuano valutazioni sui pacchetti alternativi, anche utilizzando modelli, stimando relativi costi e rischi. I cittadini vengono coinvolti nella scelta finale o nella convalida dei pacchetti di misure selezionati. Per ciascuna misura selezionata si individuano poi degli **indicatori specifici**, o indicatori di risultato, facilmente misurabili per poterne monitorare nel tempo il grado di realizzazione. Anche in questo caso è utile valutare possibili allineamenti con indicatori già indicati da enti superiori in modo da avere più facile accesso a finanziamenti. Ciascun indicatore dovrà avere una definizione, uno specifico formato e modalità di misurazione.

A questo punto per ciascuna misura si individuano le **azioni** tramite cui si intende realizzarla. Ciascuna azione va dettagliata specificando localizzazione, utenti destinatari, fonti di finanziamento, ente attuatore, responsabilità, priorità di attuazione e tempistiche. Si individuano i collegamenti tra le azioni per determinare il miglior ordine di attuazione. Si rendono pubbliche le azioni individuate e le si illustrano in maniera trasparente e professionale, analizzando e integrando eventuali osservazioni pervenute. Si stabilisce un piano di **monitoraggio** e valutazione dei progressi ottenuti nei vari obiettivi con eventuale aggiornamento e correzione delle azioni per raggiungere i traguardi nei tempi stabiliti.

A questo punto si redige un documento finale di elevata qualità. Si può pensare di personalizzare il PUMS con un titolo, un logo e una grafica accattivante che gli conferisca una propria identità visiva e lo renda facilmente distinguibile agli occhi dei cittadini. La Commissione Europea mette a disposizione del pubblico uno strumento di autovalutazione, utilizzabile durante tutte le fasi del processo di pianificazione, per valutare la rispondenza del piano ai principi fondamentali dei PUMS.

Questa fase si conclude con l'**adozione** del PUMS da parte delle amministrazioni coinvolte. Il pubblico avrà 30 giorni di tempo per formulare osservazioni che dovranno essere controdedotte o adottate prima dell'approvazione definitiva [10].

Fase 4 - Attuazione e monitoraggio

La quarta fase è pratica e consiste nell'attuazione delle misure e azioni previste nel piano. La prima attività da intraprendere è l'assegnazione dei ruoli per l'attuazione delle azioni previste dal piano e individuazione di una persona con buone capacità relazionali e organizzative che possa **coordinare** tutti i soggetti coinvolti. Si stabilisce una metodologia e un piano per la gestione dei rischi in caso di ritardi.

Si procede con gare d'**appalto** per la fornitura di beni e servizi, dando priorità a soluzioni innovative e sostenibili, per guidare il mercato verso scelte responsabili, riducendo al minimo le ricadute sociali e ambientali negative degli acquisti.

Nel corso dell'attuazione si effettua il **monitoraggio** periodico degli indicatori di prestazione, sia strategici che operativi, al fine di introdurre eventuali **azioni correttive**, nel caso i risultati non soddisfino gli obiettivi che ci si era posti in fase di pianificazione. È auspicabile che le correzioni al PUMS messe in atto in fase di attuazione passino per un'approvazione formale da parte dell'autorità politica competente.

I risultati del monitoraggio vengono resi pubblici per informare la cittadinanza sullo stato di attuazione del PUMS. È necessaria una costante **interazione bidirezionale** con l'opinione pubblica per comunicare i risultati progressivamente raggiunti e ricevere feedback positivi e negativi utili a meglio calibrare le azioni, introducendo eventuali interventi mitigativi dei disagi, e i successivi aggiornamenti del PUMS. In questo modo i cittadini si sentiranno più coinvolti ed essi stessi artefici dei cambiamenti positivi che stanno migliorando la città. L'ascolto di cittadini e portatori d'interesse aiuta istituzioni e professionisti a comprendere cosa si può migliorare nel processo di pianificazione e attuazione del piano, elementi utili per la redazione del nuovo PUMS, trasformando quindi questo strumento in un processo circolare.

È importante **documentare e condividere** successi e fallimenti del ciclo di pianificazione del PUMS, in quanto è possibile apprendere insegnamenti utili dalle esperienze delle altre città, soprattutto dai fallimenti, per adottare strategie, modalità o obiettivi più efficaci.

In vista del nuovo PUMS è possibile prendere in considerazione nuove sfide più ambiziose nel campo dell'innovazione tecnologica e coinvolgere nella pianificazione ulteriori settori dell'amministrazione o nuovi soggetti per creare un piano ancora più completo e incisivo [10].



Figura 3 | Le 12 tappe del PUMS con la specificazione delle 32 attività in esse contenute
Grafica di Rupprecht Consult in *Linee guida per la redazione dei PUMS*

3 Pianificazione della mobilità ciclistica

La legge 2 dell'11 gennaio 2018, *Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica*, pone la prima pietra in Italia per definire una strategia nazionale sulla mobilità ciclistica [13]. Fino al 2018 infatti lo sviluppo della mobilità ciclistica era lasciata alle regioni e agli enti locali che, senza un coordinamento centrale, definivano ciascuno le proprie priorità, strategie e obiettivi per questo modo di trasporto.

La legge n. 2/2018 introduce innanzitutto una **rete ciclabile nazionale**, detta Bicalia, che ha il compito di collocarsi gerarchicamente tra la rete Eurovelo e le reti regionali e con 20.000 km di itinerari connettere tutto il territorio nazionale. Tali itinerari devono integrarsi e connettersi con le altre reti di trasporto, ma sviluppandosi in maniera indipendente attraverso aree naturali di rilevante interesse escursionistico, con percorsi fluviali, costieri e lacustri, su strade arginali o declassate, ferrovie dismesse e altre infrastrutture lineari, dando continuità alle ciclovie urbane su aree pedonali, zone a traffico limitato o moderato.

Viene introdotto il **Piano Regionale della Mobilità Ciclistica** che ogni regione è tenuta a predisporre ogni 3 anni nell'ambito del *Piano Regionale dei Trasporti e della Logistica* e che, in coerenza con la rete Bicalia, pianifica e promuove la ciclabilità nei territori andando a connettere tra loro le reti ciclabili urbane e favorendo l'intermodalità.

Inoltre, tale legge, trasforma il Biciplan in un piano di settore del PUMS, portando quindi la ciclabilità a tutti i livelli di pianificazione sullo stesso piano degli altri modi di trasporto e integrandola con essi.

Infine, la legge 2 apre la strada ad un nuovo documento, il **Piano Generale della Mobilità Ciclistica**, approvato per la prima volta nel 2022 [14], che definisce le politiche nazionali sulla mobilità ciclistica. Esso è parte integrante del *Piano Generale dei Trasporti e della Logistica* (PGTL), ha una durata di 3 anni ed è suddiviso in 2 ambiti di mobilità: ambito urbano e

metropolitano, ambito extraurbano (intercomunale, provinciale, regionale, nazionale, europeo).

Per quanto riguarda l'ambito urbano il piano pone un obiettivo strategico, degli obiettivi generali e degli obiettivi specifici, approccio tipico degli strumenti pianificatori come si è visto per i PUMS.

L'**obiettivo strategico** consiste nell'aumentare la quota di spostamenti in bicicletta. Tale quota modale dev'essere calcolata utilizzando criteri omogenei stabiliti a livello nazionale dal ministero, così da poter non solo verificare l'evoluzione nel tempo della mobilità della singola città ma anche confrontare le diverse realtà.

Per la ciclabilità urbana il piano pone 3 **obiettivi generali**, che sono il consolidamento della rete infrastrutturale ciclabile, la promozione, incentivazione e sviluppo della mobilità ciclistica e il miglioramento della sicurezza con un'equa ripartizione degli spazi tra le diverse utenze della strada.

Gli **obiettivi specifici** della ciclabilità urbana si possono organizzare in 3 gruppi:

- azioni istituzionali
 - pianificare la mobilità ciclistica attraverso un biciplan
 - aggiornare la legislazione urbanistica introducendo standard specifici per la ciclabilità
 - sperimentare spazi condivisi e priorità all'utenza attiva
 - condividere buone pratiche a livello nazionale e internazionale
- politiche per incentivare la mobilità ciclistica
 - integrare le reti della mobilità ciclistica urbana e metropolitana
 - incrementare gli spostamenti in bicicletta entro i 5-10 km
 - incrementare la mobilità casa - scuola in bicicletta

- promuovere la mobilità ciclistica tramite riconoscibilità e coinvolgimento della comunità
- incentivare la logistica urbana sostenibile di "ultimo miglio"
- promuovere le nuove tecnologie come le ebike che estendono sia la platea di utenti che i luoghi raggiungibili
- creare cicloparcheggi nei quali sia possibile assicurare al telaio il mezzo
- infrastrutturazione ciclabile sia per gli spostamenti sistematici che di piacere
 - creare infrastrutture che consentano la condivisione dello spazio pubblico
 - garantire l'accessibilità ciclistica ai principali poli attrattori
 - incrementare i poli intermodali
 - migliorare la sicurezza delle infrastrutture ciclabili
 - identificare modelli standard di itinerari ciclabili
 - superare il modello di itinerario ciclopedonale promiscuo
 - favorire la creazione di vie verdi ciclabili sia per connettere aree della città che per scopi ricreativi

Dal punto di vista delle **azioni infrastrutturali**, le linee d'intervento in ambito urbano suggeriscono, in generale, da un lato di orientarsi verso la città 30 km/h e dall'altro di procedere al progressivo ridisegno dello spazio pubblico a favore dell'utenza vulnerabile, con interventi di moderazione del traffico e della velocità, con schemi di circolazione che tutelano maggiormente i ciclisti.

Inoltre viene suggerita ai comuni la realizzazione delle cosiddette "super ciclabili" (in analogia alle superstrade), ovvero itinerari esclusivamente o prevalentemente ciclabili, alternativi alla viabilità esistente e ricavati in corridoi che non comportino numerose intersezioni con la viabilità autoveicolare e permettano spostamenti rapidi ed efficaci con la bicicletta, e la connessione funzionale tra le ciclovie e la viabilità esistente, specie quando quest'ultima è dotata di accorgimenti per favorire la ciclabilità. Il piano si sofferma poi sui collegamenti

ciclabili tra i principali poli universitari e le stazioni ferroviarie e sull'uso di cargobike per la logistica urbana di "ultimo miglio".

Tra le **azioni per la promozione** della ciclabilità si suggeriscono la realizzazione di parcheggi scambiatori "park & ride", l'introduzione del trasporto bici sui mezzi pubblici, la promozione del bike sharing, l'accessibilità ciclistica ad aeroporti, porti, stazioni e fermate, la realizzazione di cicloparcheggi e stalli videosorvegliati o custoditi e nodi di scambio intermodale, politiche di tariffazione degli accessi e della sosta, la transizione verso la "città 30 km/h", la creazione di isole ambientali pedonali e il progressivo ridisegno dello spazio pubblico, l'introduzione di zone e strade scolastiche e di "bicibus" e "pedibus".

Nelle **azioni di comunicazione e educazione** figurano la promozione della valenza trasportistica della bicicletta, lo sviluppo di una visione cicloturistica e la formazione di amministratori, tecnici e progettisti per favorire una cultura progettuale della ciclabilità. Per fare ciò vengono suggeriti l'utilizzo di mappe delle piste ciclabili, siti web e applicazioni per smartphone dedicate alla ciclabilità, progetti sperimentali MaaS e la progettazione di ciclovie fruibili anche dalle persone con disabilità.

Ai fini del **monitoraggio** del piano in ambito urbano vanno verificati, tramite indicatori di performance, il consolidamento della rete infrastrutturale ciclabile, lo sviluppo della mobilità ciclistica in ambito locale, la riduzione della congestione nelle aree urbane, l'aumento della quota modale in bici, il miglioramento della sicurezza della circolazione di biciclette e pedoni e il miglioramento dell'attrattività del trasporto pubblico.

3.1 La sicurezza

In ambito urbano, dove il traffico è più intenso, tra i principali fattori che limitano l'uso della bicicletta figurano i timori per la sicurezza e l'incolumità. Il *Piano Nazionale Sicurezza Stradale*

2030 [15] annovera nelle sue linee strategiche generali 5 pilastri per migliorare la sicurezza nelle strade urbane:

- **gestione** della sicurezza stradale,
- **velocità** adatte alla funzione e al livello di sicurezza della strada,
- **veicoli** più sicuri,
- uso della strada più sicuro da parte degli **utenti**,
- assistenza **post-incidente**.

Il piano si focalizza sulla protezione dell'utenza debole, sottolineando la necessità di abbassare il limite di velocità stradale a 30 km/h nelle zone maggiormente frequentate dalla mobilità attiva, ovvero quelle urbane.

Dove il limite di velocità viene abbassato, anche la geometria stradale deve adeguarsi progressivamente, in modo da portare naturalmente il conducente ad una guida sicura, adeguata al contesto che sta attraversando.

Uno spunto di riflessione interessante nella direzione di riduzione del numero di incidenti che coinvolgono utenti in bicicletta è il principio di **safety in numbers** [16], che dimostra la correlazione tra l'incremento della pratica della ciclabilità e la riduzione del numero di incidenti. Il tasso di mortalità dei ciclisti è inversamente proporzionale al tasso di utilizzo della bicicletta. La presenza di molte biciclette sulle strade porta il conducente dell'automobile a prestare maggiore attenzione e a mantenere una guida più prudente. Strade più accoglienti per le biciclette portano quindi ad una diminuzione del numero di incidenti. Negli ultimi anni si sono fatti diversi passi avanti a livello normativo nel Codice della Strada in questo senso, con l'introduzione della corsia ciclabile, il doppio senso ciclabile, la casa avanzata e la strada urbana ciclabile E-bis. Numerosi altri passi avanti sono ancora necessari per ridare spazio e dignità sulla strada ad un mezzo così sostenibile, efficiente e salubre come la bicicletta, ma la direzione che si è timidamente intrapresa è quella giusta.

Il Piano Nazionale Sicurezza Stradale 2030 identifica i principali obiettivi strategici per ridurre i fattori di rischio per i ciclisti:

- quando le differenze di velocità sono elevate, separare i flussi motorizzati dalla mobilità ciclistica con piste e corsie ciclabili,
- migliorare la sicurezza nelle intersezioni a raso a valle di ispezioni di sicurezza,
- ridurre le differenze di velocità attraverso interventi di gestione delle velocità,
- aumentare la visibilità e la protezione dei ciclisti,
- favorire l'uso e la diffusione di dispositivi di protezione per ciclisti,
- sensibilizzare i conducenti di automobili e mezzi pesanti sulle dotazioni di sicurezza dei veicoli per proteggere gli utenti vulnerabili e ad un comportamento più attento nei confronti dei ciclisti,
- sensibilizzare i ciclisti sui comportamenti a rischio, cooperando con le forze di polizia.

3.2 La pianificazione comunale: il Biciplan

Le linee guida per redigere e attuare il Biciplan sono contenute sia su uno specifico documento del Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili dell'ottobre 2020 [17], prodotto in ottemperanza all'articolo 6 della Legge 2/2018, sia nell'Allegato A al Piano Generale della Mobilità Ciclistica [14].

Il Biciplan è il piano della mobilità ciclistica di un territorio, è uno strumento di pianificazione di settore del PUMS con orizzonte temporale decennale e aggiornamento quinquennale, la sua redazione è obbligatoria per tutti i Comuni e associazioni di Comuni con popolazione superiore ai 100.000 abitanti non ricadenti in Città metropolitane.

Il Biciplan prevede l'identificazione di una serie di itinerari ciclistici, utili sia agli spostamenti sistematici che a quelli ricreativi, che si intersecano nel tessuto urbano a formare una rete,

connettendo poli attrattori e luoghi d'interesse con le aree residenziali e i luoghi di lavoro. Tali itinerari devono rispondere a requisiti di attrattività, continuità e riconoscibilità, privilegiando percorsi brevi, diretti e sicuri.

Per la redazione del Biciplan si raccomanda l'adozione di metodi di pianificazione partecipata, coinvolgendo cittadini e portatori d'interesse, come previsto per il PUMS, sia nella fase di propedeutica di definizione di strategie ed obiettivi, che nella redazione e successiva implementazione dello stesso.

Il Biciplan deve contenere un quadro conoscitivo che fornisca una ricognizione generale sullo stato di fatto della mobilità ciclistica nell'area di studio, sia in termini di domanda che di offerta, e identifichi i principali attrattori sistematici e non. Tale analisi consente di individuare le criticità dello stato attuale e quindi di poter meglio definire priorità d'intervento, strategie e azioni mirate.

L'**analisi della domanda** può essere ricavata dalla ricostruzione effettuata per il PUMS o in assenza di questo strumento sovraordinato, la si può ricavare dalla matrice O/D, se disponibile, altrimenti basterà indicare ripartizione modale e numero medio di ciclisti quotidiani. È necessario identificare i principali punti attrattori di spostamenti sistematici come scuole, uffici pubblici, ospedali, università, principali attività e aziende commerciali e sanitarie.

L'**analisi dell'offerta** è invece una ricognizione di:

- rete ciclabile esistente con relativa mappatura, suddivisa per tipologia e le maggiori criticità, ad esempio discontinuità e punti di conflitto con i flussi motorizzati,
- servizi in sharing di bici e micromobilità,
- aree soggette ad interventi di moderazione del traffico,
- poli intermodali,
- cicloparcheggi e stalli bici,

- cicloservizi come officine di riparazione bici.

La rete ciclabile viene gerarchizzata secondo l'articolo 6 della legge 2/2018 [13] in itinerari ciclabili principali, secondari e vie verdi. Le linee guida riportano alcuni criteri di riferimento utili per la pianificazione di itinerari ciclabili di qualità, quali l'*attrattività*, offrendo itinerari preferibili all'utilizzo dell'auto, la *continuità* dei collegamenti e *brevità* del percorso, l'assenza di *ostacoli*, l'*illuminazione* per garantire la percorribilità notturna, il grado di *sicurezza*, le *caratteristiche* geometriche, plano-altimetriche e della pavimentazione, la *riconoscibilità* grazie ad una segnaletica adeguata, l'*intermodalità*, quindi cicloparcheggi, rampe, bike sharing e servizi park & bike nei poli di scambio modale.

Agli itinerari vanno associati una serie di servizi di supporto alla mobilità ciclistica come le stazioni di ricarica per bici a pedalata assistita, cicloparcheggi e rastrelliere che permettano di assicurare il telaio del veicolo, ciclo-officine nei luoghi a maggiore frequentazione ciclistica e nelle aree a domanda forte anche il bike sharing, station-based o free-floating.

Per sostenere la diffusione di cargo-bike, biciclette per il trasporto di bambini, biciclette per persone con disabilità, tricicli per adulti, biciclette reclinate, velomobili, tandem, biciclette elettriche, pedelec veloci e rimorchi per bici è necessario che siano rispettati i raggi di curvatura minimi e le pendenze previste dal DM 557 del 30 novembre 1999 [18], garantendo larghezze superiori ai 2,5 metri per i percorsi bidirezionale e l'assenza di ostacoli quali paletti e archetti sul tracciato.

Per ciascun intervento si stimano i costi e le fonti di finanziamento e si definiscono i tempi di attuazione. Le attività non si concludono con l'approvazione del piano, ma è necessario un monitoraggio periodico degli indicatori di performance per verificare l'evoluzione temporale e la reale efficacia delle azioni adottate per il raggiungimento dei traguardi fissati.

Il biciplan deve prevedere anche attività di promozione e comunicazione come la realizzazione di mappe della rete ciclabile, un sito web informativo, campagne di sensibilizzazione con

scuole, luoghi di lavoro e associazioni e stazioni informative con pannelli totem installati lungo gli itinerari.

4 Soluzioni infrastrutturali per la mobilità ciclistica

Nel quadro delle possibili soluzioni normative utili a rendere lo spazio stradale più accogliente e sicuro per le biciclette, si analizzano di seguito le principali caratteristiche di ciascuna di esse così da chiarire al lettore le possibilità applicative. Le informazioni di seguito contenute provengono dal D.L. 285/1992 [19], dal D.M. 557/1999 [18], dal D.L. 34/2020 [20], dal D.L. 76/2020 [21] e dal Piano Generale della Mobilità Ciclistica 2022 - 2024 [14].

Pista ciclabile

La pista ciclabile è un percorso riservato all'uso esclusivo delle biciclette, fisicamente separata dai flussi veicolari con uno spartitraffico invalicabile largo almeno 0,50 metri e segnalata con specifico cartello di inizio e fine. Può essere bidirezionale o ad un unico senso di marcia. La pista ciclabile bidirezionale ha una larghezza minima di 2,50 metri (1,5 metri per la monodirezionale), riducibile eccezionalmente a 2 metri per brevi tratti (1 metro per la monodirezionale). La pendenza longitudinale massima è del 5%, fatta eccezione per sovrappassi e sottopassi dove può raggiungere il 10%. In generale la pendenza media chilometrica non deve superare il 2%. Per le intersezioni a livelli sfalsati è preferibile la soluzione del sottopasso in quanto richiede un minore dislivello altimetrico. I raggi di curvatura, misurati sul ciglio interno, devono essere maggiori di 5 metri, eccezionalmente riducibili a 3 metri in punti particolarmente vincolanti. Gli attraversamenti ciclabili garantiscono la continuità di un percorso ciclabile alle intersezioni. Negli attraversamenti ciclabili non vanno installati i cartelli di fine percorso ciclabile.

Percorso promiscuo ciclopedonale

I percorsi ciclopedonali promiscui possono essere realizzati in due contesti:

- all'interno di parchi o di zone a traffico prevalentemente pedonale, nel caso in cui l'ampiezza della carreggiata o la ridotta entità del traffico ciclistico non richiedano la realizzazione di specifiche piste ciclabili;
- su parti della strada esterne alla carreggiata, rialzate o altrimenti delimitate e protette, usualmente destinate ai pedoni, qualora le stesse parti della strada non abbiano dimensioni sufficienti per la realizzazione di una pista ciclabile e di un contiguo percorso pedonale e gli stessi percorsi si rendano necessari per dare continuità alla rete di itinerari ciclabili programmati. In questo caso è però necessario che la larghezza sia adeguatamente incrementata rispetto ai minimi fissati per le piste ciclabili e che il traffico pedonale sia ridotto e non siano presenti attività attrattive di traffico pedonale quali itinerari commerciali, insediamenti ad alta densità abitativa, ecc.

Corsia riservata alle biciclette

Parte della strada riservata al transito esclusivo delle biciclette, collocata a destra dell'adiacente corsia veicolare e percorribile solo nello stesso senso di marcia di tale corsia.

Quando è collocata sul marciapiede può essere bidirezionale. Non deve pregiudicare la circolazione dei pedoni e deve essere collocata nella parte di marciapiede più prossima alla carreggiata stradale.

I requisiti geometrici di larghezza, raggi di curvatura, pendenze, etc sono gli stessi descritti per le piste ciclabili. Dev'essere identificata da appositi cartelli di inizio e fine di percorso ciclabile.

Corsia ciclabile

La corsia ciclabile è una parte della carreggiata dedicata al transito monodirezionale delle biciclette, collocata a destra della normale corsia destinata al transito veicolare e identificata tramite il pittogramma della bicicletta. Quando presente, il suo uso è obbligatorio per il ciclista. La corsia ciclabile è separata dalla corsia veicolare con una striscia bianca tratteggiata o continua. Nel caso di separazione tratteggiata sarà consentito alle altre categorie di veicoli occupare la corsia ciclabile per brevi tratti, ad esempio per l'accesso alla sosta, per manovre di svolta e per agevolare l'incrocio con veicoli provenienti in senso opposto. In questo caso la larghezza della corsia ciclabile concorre a determinare la larghezza complessiva della corsia veicolare. Nel caso di separazione con linea continua, la corsia risulterà essere ad uso esclusivo delle biciclette. Indipendentemente dal tipo di segnaletica, la corsia sarà sempre valicabile per i mezzi di trasporto pubblico per accostare alle fermate e a tutte le categorie di veicoli al solo fine di raggiungere spazi di sosta regolari situati oltre la corsia stessa e per lo spazio strettamente necessario. Per facilitare l'identificazione della corsia ciclabile è anche possibile utilizzare conglomerato bituminoso colorato in pasta o vernici colorate, che rispettino la resistenza allo slittamento prevista dalle norme UNI-EN 1436. Si suggerisce il color rosso rubino RAL 3003, per dare omogeneità alla colorazione già in uso in contesti locali italiani e all'estero. Non sono previsti né limiti dimensionali della strada per l'introduzione della corsia ciclabile, né particolari limiti di velocità nelle strade in cui la si vuole introdurre. Per aumentare la versatilità di tale strumento, non è stata stabilita una dimensione minima della corsia ciclabile, si suggerisce pertanto di prendere a riferimento le dimensioni previste per le corsie riservate alle biciclette, ovvero 1,5 metri di larghezza per una corsia monodirezionale, e non meno di 0,6 metri. In presenza di una zona laterale di parcheggio è necessario un franco di sicurezza da 0,4 a 0,8 metri tra la corsia e gli stalli. La corsia ciclabile è utilizzabile indistintamente in ambito urbano ed extraurbano.

Corsia ciclabile per doppio senso ciclabile

La corsia per il doppio senso ciclabile è una parte della carreggiata urbana a senso unico destinata al transito delle biciclette in contromano rispetto al flusso veicolare. Essa è posta a sinistra rispetto al senso di marcia, è delimitata da una striscia bianca tratteggiata valicabile, è contrassegnata dal pittogramma della bicicletta e si consiglia di associarvi anche una freccia per indicare il senso di percorrenza. Non sono stabilite dimensioni minime né per la carreggiata nella quale si intende introdurla né per la corsia stessa, per rendere lo strumento più flessibile e versatile. Essa è adatta a tutti quei contesti in cui non vi è lo spazio per introdurre una corsia monodirezionale riservata alle biciclette, che ha una larghezza fissata in 1,5 metri, riducibile a 1 metro per brevi tratti, e può essere introdotta anche in presenza di fasce laterali di parcheggio. La corsia per il doppio senso ciclabile è sempre ad uso promiscuo, con i veicoli motorizzati che sono tenuti a dare la precedenza alle biciclette in caso di incrocio malagevole. Questo strumento può essere utilizzato solo all'interno dei centri abitati sulle strade di tipo E, E-bis, F ed F-bis con un limite di velocità pari o inferiore a 30 km/h o all'interno di Zone a Traffico Limitato. Il doppio senso ciclabile dev'essere indicato con appositi cartelli, come il pannello integrativo "eccetto bici" apposto sotto al cartello "senso vietato".

Casa avanzata

La casa avanzata è un'area riservata alle biciclette lunga almeno 3 metri ed estesa a tutta la larghezza della semicarreggiata, da collocare davanti alla linea di arresto del flusso veicolare alle intersezioni semaforizzate. Tale soluzione è adottabile solo nelle strade con velocità consentita pari o inferiori a 50 km/h. L'accessibilità all'area deve essere garantita tramite una pista ciclabile o corsia ciclabile lunga almeno 5 metri e collocata sulla destra della corsia veicolare. L'obiettivo è porre il ciclista in una posizione di maggiore visibilità e quindi sicurezza, limitando l'esposizione ai gas di scarico dei veicoli e facilitando la svolta a sinistra.

Strada urbana ciclabile - E-bis

La strada urbana ciclabile (strada di tipo E-bis) è una strada urbana a cui si intende dare una specifica connotazione ciclabile, attribuendo la priorità alla circolazione delle biciclette rispetto a tutti gli altri veicoli che, comunque, sono ammessi a circolare, sia pure con particolari cautele. Essa dev'essere dotata di banchine pavimentate e marciapiedi e dev'essere individuata da apposita segnaletica verticale e orizzontale. In tale strada i ciclisti hanno la precedenza su tutti gli altri mezzi, anche quando si immettono da accessi laterali, e possono viaggiare affiancati anche in numero superiore a due. Il limite di velocità su questo tipo di strada è di 30 km/h e devono essere adottati interventi di moderazione del traffico che consentano agli altri eventuali veicoli di poter correttamente percepire di percorrere una strada urbana ciclabile.

Itinerario ciclopedonale - F-bis

L'itinerario ciclopedonale (strada di tipo F-bis) è una strada, urbana o extraurbana, destinata prevalentemente al transito di pedoni e ciclisti. I veicoli a motore possono circolare solo se appartenenti alle categorie di veicoli autorizzati previsti nell'ordinanza di istituzione. La sua applicazione è particolarmente indicata per le zone residenziali e le strade a basso traffico strettamente locali. In ambito urbano, in presenza di marciapiedi e di flussi di traffico motorizzato non trascurabili si suggerisce l'adozione della tipologia E-bis (strada urbana ciclabile).

Zona scolastica

La zona scolastica è una strada urbana o un insieme di strade urbane in prossimità di edifici scolastici in cui la circolazione, la sosta e la fermata di tutte o alcune categorie di veicoli è

limitata o esclusa con apposita ordinanza. Tale ordinanza stabilisce anche orari, modalità d'uso e categorie autorizzate al transito, spesso consentito alle biciclette. La finalità è quella di garantire particolare protezione ai pedoni, sia per quanto riguarda la sicurezza stradale che l'inquinamento atmosferico e acustico. La zona deve essere individuata da appositi segnali di inizio e fine.

Strade e corsie riservate al trasporto pubblico

Un altro contesto in cui, tramite ordinanza, è possibile consentire il transito alle biciclette sono le strade destinate ad uso esclusivo del trasporto pubblico e le corsie riservate ad esso. Nel caso delle strade riservate, esse devono presentare una larghezza minima di 4,30 metri.

Interventi di moderazione del traffico

L'uso della bicicletta può essere incentivato in ambito urbano anche da semplici interventi di moderazione del traffico, che portino la velocità effettiva del traffico motorizzato a 30 km/h creando un ambiente più sicuro, favorevole ed accogliente per la mobilità ciclistica. Rientrano tra le misure di moderazione del traffico le rotatorie, i dossi artificiali, gli attraversamenti pedonali e ciclabili rialzati, le platee rialzate alle intersezioni, l'ampliamento dei marciapiedi e degli approcci pedonali agli attraversamenti e nelle intersezioni, le porte d'accesso, le zone a traffico limitato, i filtri modali, l'uso di separatori in mezzeraia, le chicanes, i restringimenti artificiali di carreggiata, i parcheggi sfalsati, i cuscinetti berlinesi, etc. In particolare i cuscinetti berlinesi, molto diffusi all'estero, consentono di rallentare la velocità delle auto senza ostacolare ambulanze, mezzi di soccorso e biciclette e senza impedire il regolare deflusso delle acque meteoriche.

Cicloparcheggi

I cicloparcheggi sono infrastrutture puntuali, dotate di ciclostalli destinati al parcheggio delle biciclette. Un buon cicloparcheggio deve garantire la sicurezza al furto, una delle principali problematiche che dissuadono gli utenti dall'uso della bicicletta. È inoltre importante garantire la stabilità del mezzo durante la sosta. Le soluzioni più indicate sono il portabici a U rovesciata, anche detti archetti, e quelli con fermaruota e braccio per ancorare il telaio, che garantiscono facilità d'uso, senza necessità di piegarsi, e permettono di vincolare la bicicletta al telaio, rendendo più difficile il furto. Altre caratteristiche che migliorano la qualità di un cicloparcheggio sono l'accessibilità, ovvero la vicinanza agli ingressi, senza barriere architettoniche da superare e in posizioni ben visibili, la copertura dagli agenti atmosferici, l'illuminazione notturna, la disponibilità di spazi per veicoli particolari come le cargobike, le bici con carrello o le handbike e la presenza di servizi aggiuntivi come attrezzi per la manutenzione, armadietti e stazioni di ricarica per bici elettriche [22]. Sono inoltre disponibili strutture chiuse, i bicibox, ad apertura manuale o automatica, che aumentano la sicurezza.

5 Requisiti per infrastrutture ciclabili di qualità

Per pianificare e progettare infrastrutture ciclabili di qualità o valutare la qualità ex post di infrastruttura esistente, si sono raccolti una serie di requisiti a partire dalle indicazioni fornite dalle Linee guida ministeriali per la redazione dei Biciplan [17], dai suggerimenti presenti nel *Manuale delle piste ciclabili e della ciclabilità* di Sergio Deromedis, direttore dell'Ufficio Infrastrutture Ciclopedonali della Provincia Autonoma di Trento [22], e dalle linee guida offerte dal manuale olandese sulla ciclabilità *Design Manual for Bicycle Traffic* sviluppato dal centro studi governativo Fietsberaad Crow [23].

5.1 Principi generali

La bicicletta è un mezzo vulnerabile e allo stesso tempo agile ed estremamente versatile nel traffico. Il suo utilizzo richiede però uno sforzo fisico e mentale superiore a quello necessario per i mezzi motorizzati. Per permettere alla bicicletta di competere con l'auto è quindi necessario fornire percorsi ciclabili diretti e confortevoli per spostarsi in sicurezza in un'infrastruttura attrattiva e tollerante nei confronti dell'errore umano (*forgiving roadsides* [24] [25]).

I principi che un'infrastruttura ciclabile deve soddisfare sono cinque:

- **Coesione:** deve formare una rete che connetta tutte le principali origini e destinazioni della mobilità quotidiana e i punti di interscambio modale. La coesione della rete serve a garantire connessioni porta a porta, agevolezza di orientamento, libertà di scelta del percorso, costanza nella qualità dell'infrastruttura e facilità di oltrepassare barriere naturali o antropiche come le grandi infrastrutture lineari.
- **Brevità e linearità:** i percorsi devono essere diretti, minimizzando le deviazioni. La bicicletta è spinta dalla forza muscolare, quindi è fondamentale che il percorso per

spostarsi da un'origine ad una destinazione sia quanto più breve possibile. In termini di tempo di viaggio e km da percorrere l'infrastruttura ciclabile deve necessariamente eguagliare o superare le prestazioni offerte dalla strada, altrimenti il ciclista sceglierà di rimanere sulla strada o addirittura di utilizzare l'auto.

- **Attrattività:** l'infrastruttura e il suo inserimento nel contesto attraversato dev'essere accattivante e attraente. In riferimento al contesto, ambienti verdi, corsi d'acqua, spazi aperti e strutture architettonicamente gradevoli aumentano l'attrattività, mentre ambienti inquinati, congestionati o rischiosi la diminuiscono. Per quanto riguarda l'infrastruttura, influiscono sull'attrattività la qualità del manto stradale, la configurazione delle intersezioni e una segnaletica chiara.
- **Sicurezza:** un'infrastruttura ciclabile dev'essere sicura e salubre, limitando l'esposizione ad inquinanti e rumori. La sicurezza dell'infrastruttura può essere migliorata introducendo delle linee di margine, evitando l'uso di ostacoli e dissuasori, assicurando larghezze proporzionate ai flussi, utilizzando pavimentazioni antisdrucchiolevoli e cordone laterali inclinate o una banchina libera da ostacoli. Le interazioni con il traffico motorizzato devono avvenire dove la differenza di velocità è minima e i volumi di traffico non sono troppo grandi, limitando i punti di conflitto e assicurando buona visibilità reciproca tra i due flussi che si intersecano.
- **Comfort:** minimizzare lo sforzo fisico e mentale che il ciclista deve compiere per utilizzare l'infrastruttura. Occorre minimizzare le vibrazioni, le differenze di quota e le pendenze, diminuire i ritardi alle intersezioni, semplificare l'interazione con le altre componenti del traffico, ridurre il più possibile i punti in cui è necessario fermarsi o addirittura smontare dal mezzo. Inoltre, la bicicletta non ha sospensioni e, avendo solo 2 ruote, pone l'utente in una condizione di equilibrio instabile su un mezzo in movimento, quindi è necessario che la pavimentazione dell'infrastruttura ciclabile sia il più liscia e omogenea possibile, in genere conglomerato bituminoso o calcestruzzo

sono le scelte migliori. Anche le caratteristiche planimetriche come la larghezza e i raggi di curvatura giocano un ruolo importante nel comfort dell'utente.

Di seguito verranno definiti requisiti specifici ai quali ispirarsi per sviluppare infrastrutture ciclabili di qualità, prima a livello pianificatorio dell'intera rete ciclabile e poi per la pianificazione e progettazione dei singoli archi e nodi della rete.

5.2 Qualità di una rete ciclabile

In una rete ciclabile, i cinque principi generali appena introdotti vengono declinati per definire requisiti specifici.

Coesione

Per avere una buona rete ciclabile è necessario che la distanza tra due percorsi paralleli (interasse) sia compresa tra i 300 e i 500 metri in ambiente urbano e tra 1000 e 1500 metri in ambiente rurale. Una rete più densa comporterebbe continue intersezioni tra percorsi ortogonali tra loro e una meno densa farebbe perdere libertà di movimento costringendo ad ampie deviazioni dal percorso più veloce in linea d'aria.

Una rete è costituita da itinerari principali, che connettono i centri abitati di un sistema territoriale, i vari quartieri nelle città e i poli attrattori, itinerari secondari, che permettono la mobilità di ultimo miglio, arrivando in prossimità di abitazioni e luoghi di lavoro, e una terza categoria più variegata costituita da vie verdi e super ciclabili, che si sviluppano entrambe distanti dagli assi della mobilità motorizzata il più possibile nel verde, ma hanno scopi diversi in quanto le vie verdi hanno prevalente funzione ricreativa, le super ciclabili quella di connettere con la massima rapidità e comfort origini e destinazioni relativamente distanti ma con forte domanda. Gli itinerari principali devono formare una rete connessa, le altre due categorie devono essere connesse agli itinerari principali ma non è necessario formino

anch'esse una rete completa: gli itinerari secondari si dipartono dai principali per penetrare nel territorio, urbano o extraurbano che sia, le super ciclabili servono solo le relazioni con più domanda.

Per valutare se una rete principale è adeguatamente sviluppata, occorre verificare che il 70% delle percorrenze chilometriche tra le possibili origini e destinazioni avvenga su di essa.

La coesione si valuta anche in relazione alle altre reti di trasporto. È fondamentale servire stazioni, fermate degli autobus, parcheggi scambiatori e del car sharing (park and ride). In relazione alla rete pedonale invece, nei centri abitati e nelle zone pedonali, per le biciclette dovrebbero essere ricavati degli spazi specifici, minimizzando i punti di conflitto con i flussi pedonali.

La continuità tra archi e nodi della rete è requisito imprescindibile per il funzionamento di un sistema ciclabile. Le intersezioni sono i punti più pericolosi della rete; un percorso ciclabile che si interrompe alle intersezioni, senza tutelare l'utente nell'attraversamento dei flussi motorizzati, è più pericoloso di una strada non dotata di infrastrutture ciclabili, dove la circolazione di auto e biciclette è promiscua e il ciclista alle intersezioni gode degli stessi diritti di precedenza degli automobilisti.

Brevità e linearità

Per la soddisfazione di questo principio contano la brevità in termini di distanza e di tempo. La bicicletta è spinta dalla forza muscolare, pertanto il ciclista sceglierà sempre la strada più breve a parità di altri fattori. Nelle aree urbane è rilevante anche la brevità temporale: l'utente preferirà itinerari lineari con diritto di precedenza e senza semafori.

Per rendere la bicicletta più veloce dell'auto negli spostamenti urbani si possono usare filtri modali, sensi unici eccetto bici, percorsi e passerelle ad uso esclusivo della mobilità attiva, diritto di precedenza alle intersezioni e isole salvagente per attraversare in due fasi, riducendo i tempi d'attesa.

Per quanto riguarda invece la brevità in relazione alla distanza chilometrica, la si può valutare utilizzando un fattore di deviazione, ovvero un indicatore dato dal rapporto tra la distanza misurata lungo l'itinerario e quella ottenuta in linea d'aria. Per questo fattore, sulla rete principale si può utilizzare un valore di 1,2, al di fuori di essa 1,3 o 1,4. Per valutare una rete nel suo complesso si possono calcolare le distanze di percorrenza tra le origini e destinazioni più importanti della rete e graficarle in rapporto alle distanze in linea d'aria ottenendo una retta di regressione oppure si può più semplicemente calcolare il fattore di deviazione medio, che dovrebbe essere al massimo 1,26 [23].

Sicurezza

Per quanto riguarda il principio della sicurezza, una buona rete deve minimizzare le intersezioni con gli altri modi di trasporto. Il rischio dipende dai volumi di traffico, dalla differenza di velocità e dalla massa dei veicoli incrociati e si sviluppa non solo alle intersezioni ma anche ai passi carrai. Ciò significa che in presenza di alternative, la soluzione indipendente dalle arterie del traffico motorizzato è da preferirsi, anche in relazione ad inquinamento atmosferico e acustico. In generale, intersecare una volta una strada con un alto volume di traffico è più sicuro di due intersezioni con volumi minori, a parità di volume totale; come è altrettanto preferibile aumentare il volume di traffico ciclistico ad un'intersezione piuttosto che dividerlo (per il principio *safety in numbers* [16]).

Maggiore è la differenza di velocità tra le biciclette e il traffico motorizzato, maggiori sono i vantaggi nella separazione dei due flussi. Quando invece le velocità sono adeguatamente controllate e i volumi di traffico motorizzato sono bassi, la soluzione migliore risiede nella promiscuità, ovvero la condivisione dello stesso spazio tra automobili e biciclette, con regole chiare a tutela dell'utenza attiva. Secondo lo stesso principio, anche alle intersezioni è necessario moderare la velocità del traffico motorizzato per avvicinarla il più possibile a quella del traffico ciclistico.

Infine, l'uniformità del tipo di percorso e intersezioni e la riconoscibilità dell'itinerario giocano anch'esse un ruolo importante sia nel mantenere basso lo stress di guida e quindi la probabilità di errore umano, sia nel minimizzare manovre errate dovute alla mancata o ritardata comprensione del contesto attraversato.

Comfort e attrattività

Per garantire il comfort su una rete ciclabile è necessario garantire percorsi di ampiezza sufficiente in relazione ai flussi ciclistici previsti, ampi raggi di curvatura e traiettorie rettilinee con diritto di precedenza alle intersezioni. Occorre evitare tutte quelle situazioni in cui il ciclista deve fermarsi o addirittura scendere dal mezzo; lo sforzo richiesto per ripartire da fermi equivale a 100 metri di pedalata. Fonti di inquinamento acustico e atmosferico, come il traffico motorizzato, diminuiscono il comfort, quando è possibile occorre quindi evitarle. Identificare l'itinerario e orientarsi nella rete dev'essere semplice, grazie a segnaletica e punti di riferimento chiari. Nel caso l'itinerario sia utilizzato anche per scopo ricreativo, oltre a individuare percorsi esteticamente gradevoli e variegati, è necessario prevedere indicativamente ogni 5 km una piazzola di sosta con sedute e un rubinetto con acqua potabile.

Affinché un percorso sia attrattivo è importante che l'utente si senta sicuro a percorrerlo. Da qui deriva la necessità di illuminazione notturna, l'importanza di assicurare buona visibilità dell'area circostante, evitando curve cieche e sottopassi troppo stretti e nascosti. La presenza di case nelle aree circostanti migliora la percezione di sicurezza.

5.3 Qualità degli archi

Negli archi della rete ciclabile, ovvero i tratti di percorso interposti tra un'intersezione e la successiva, i requisiti fondamentali vengono declinati come segue. Il requisito della coesione dev'essere già garantito a livello di rete e pertanto non verrà ripetuto nè qui nè nel paragrafo

relativo ai nodi. Resta altresì evidente la necessità che archi e nodi consecutivi siano posti in perfetta continuità tra loro.

Brevità e linearità

Come nel caso delle reti ciclabili, anche nel caso degli archi possiamo distinguere in brevità spaziale e temporale. Spazialmente, un percorso che collega due punti A e B dovrebbe essere rettilineo, cosa che non è sempre possibile fare nella realtà, ma le deviazioni da tale linea ideale dovrebbero essere ridotte al minimo. Le barriere fisiche naturali o antropiche causano particolare difficoltà nel soddisfare questo principio; a livello del singolo arco è importante che le infrastrutture ciclabili che affiancano queste barriere siano bidirezionali e quelle poche che le attraversano siano di alta qualità.

Per quanto riguarda la brevità temporale, un arco ciclabile deve garantire una buona velocità di crociera, quindi con ampi raggi di curvatura, larghezze commisurate all'entità del traffico ciclistico, per permettere anche il sorpasso degli utenti più lenti in sicurezza, e superfici uniformi e antisdruciolevoli, come il conglomerato bituminoso o il calcestruzzo.

Sicurezza

Per garantire la sicurezza negli archi ciclabili sono importanti la larghezza del percorso, la pavimentazione, la visibilità e i raggi di curvatura. Per creare un'infrastruttura ciclabile tollerante nei confronti dell'errore umano (*forgiving roadsides* [24] [25]) è necessario prevedere linee di margine, cordone laterali inclinate, banchine libere da ostacoli ed evitare cordone trasversali interrati che nel tempo possono creare gradini e dislivelli. Una delle principali cause di incidente per i ciclisti sono i paletti e archetti dissuasori, che devono essere il più possibile evitati nella progettazione di un itinerario. Il loro utilizzo deve essere finalizzato ad impedire l'ingresso della auto nelle infrastrutture ciclabili, non ad ostacolare o rallentare il ciclista. Per rallentare il ciclista in corrispondenza di un punto pericoloso esistono altri tipi di

accorgimenti come le livellette della figura sottostante utilizzate nei Paesi Bassi, che se percorsi a bassa velocità non diminuiscono il comfort di guida.



Figura 4 | Livellette per rallentare le biciclette nei Paesi Bassi

Foto di *Cycling in Christchurch* in *Cycling in Houten – a triumph in Planning*

I dissuasori devono essere usati in situazioni dove è indispensabile impedire l'accesso alle auto, ad esempio in ponti e passerelle ciclabili con portate limitate. In tal caso i dissuasori devono essere flessibili e antitrauma, avere colori ben visibili, ad esempio rossi con fasce catarifrangenti bianche, ed essere in luoghi illuminati. La distanza tra due paletti non dev'essere inferiore a 1,6 metri, per consentire il transito a tutti i tipi di velocipedi e l'ostacolo dev'essere preannunciato tramite la segnaletica orizzontale con una linea continua di raccordo, generando un'isola spartitraffico a raso, per incanalare il ciclista e facilitare la scelta della traiettoria.

Anche nel caso degli archi, come detto per la rete, la segregazione dei flussi ciclistici da quelli motorizzati è fondamentale in presenza di significative differenze di velocità o di massa tra i due flussi o grandi volumi di traffico motorizzato. Quando la segregazione non è possibile è necessario minimizzare la differenza di velocità, con interventi di moderazione destinati ai veicoli motorizzati.

Infine, ai fini della sicurezza, sono importanti la riconoscibilità del percorso, soprattutto quando esso si trova in condizioni di promiscuità con gli altri modi di trasporto, e l'assenza di ambiguità interpretative, che favoriscono l'errore umano.

Comfort e attrattività

Quanto descritto in riferimento alla sicurezza, contribuisce anche a ridurre perdite di tempo e frenate non necessarie, migliorando di conseguenza il comfort e la capacità dell'itinerario: larghezza, raggi di curvatura, pavimentazioni, dissuasori, etc.

Itinerari separati dal traffico motorizzato, oltre a migliorare la sicurezza, migliorano comfort e attrattività.

Infine incidono sul comfort anche le pendenze, occorre quindi evitare dislivelli inutili e, quando indispensabili, affrontarli con rampe adeguate, avendo cura di mantenersi su pendenze inferiori all'5%, eccezionalmente 10%. In caso di intersezioni con nuove infrastrutture, valutare la possibilità di sfalsare altimetricamente, almeno in parte, l'infrastruttura intersecante, per minimizzare le variazioni altimetriche su quella ciclistica.

Per l'attrattività degli archi ciclabili, si consideri anche la sicurezza percepita, utilizzando vegetazione bassa nelle sezioni più prossime all'itinerario, per garantire visibilità, e prevedendo illuminazione notturna.

5.4 Qualità ai nodi

Nei nodi della rete ciclabile, ovvero le intersezioni, i requisiti fondamentali vengono declinati come segue. Nel caso dei nodi non è previsto nè il requisito di coesione nè l'attrattività. È fatta salva l'ovvia necessità di porre il nodo in continuità con gli archi adiacenti.

Brevità e linearità

Anche nel caso dei nodi si possono distinguere brevità temporale e spaziale. Per evitare i ritardi accumulati dai ciclisti alle intersezioni la prima soluzione è sicuramente dar loro il diritto di precedenza nel maggior numero di intersezioni possibile. Laddove ciò non fosse possibile una soluzione sono gli attraversamenti in due fasi, con isola salvagente di larghezza adeguata ad ospitare l'intera lunghezza della bicicletta, che permettono di ridurre drasticamente il tempo di attesa soprattutto quando si intersecano flussi di notevole entità. Nel caso di intersezioni semaforizzate tra una strada e un percorso ciclabile si possono utilizzare sensori di avvicinamento che rilevano il ciclista in anticipo sul percorso ciclabile e modificano il ciclo semaforico al fine di evitare che il ciclista debba fermarsi al semaforo. Per consentire una più agevole svolta a sinistra dei ciclisti alle intersezioni semaforizzate è stata introdotta anche in Italia la casa avanzata, un'area di attesa privilegiata riservata alle biciclette, che potranno effettuare la svolta in una condizione di maggiore visibilità e quindi sicurezza.

Per quanto riguarda la brevità spaziale, un percorso ciclabile affiancato ad una strada deve avere gli stessi diritti di precedenza della stessa alle intersezioni con le strade laterali e dovrebbe permettere ai ciclisti di procedere in linea retta o al massimo allontanarsi progressivamente dalla strada principale, a partire da circa 35 metri prima dell'intersezione, per portarsi ad una distanza tra i 2 e i 5 metri dall'intersezione e migliorare la sicurezza. Tutte le infrastrutture che costringono il ciclista ad ampie deviazioni alle intersezioni o lo costringono curve strette rallentando eccessivamente l'andatura, finiscono per risultare disfunzionali al transito e portano il ciclista ad evitarne l'uso.

Sicurezza

Per garantire la sicurezza è innanzitutto necessario che l'intersezione sia visibile con adeguato anticipo sia per il traffico ciclistico che per quello motorizzato. È preferibile che i percorsi ciclabili collocati lungo strade principali intersechino le strade secondarie a 2 - 5 metri di

distanza dalla strada principale, sempre mantenendo lo stesso diritto di precedenza della strada principale. Sulle altre strade si possono utilizzare attraversamenti rialzati per ottenere il duplice risultato di rallentare il traffico motorizzato nei punti di conflitto e dare continuità e linearità al percorso ciclabile. L'intersezione coi binari del tram va evitata; se indispensabile deve avvenire perpendicolarmente agli stessi.

Archetti e paletti dissuasori e altri ostacoli sono da evitare in particolar modo alle intersezioni, perché il loro aggiramento distrae il ciclista dal traffico motorizzato che sta per attraversare e ostacola l'incrocio tra ciclisti nelle due direzioni in un punto particolarmente critico. Se indispensabili, i paletti dissuasori flessibili e antitrauma devono essere collocati ad una distanza di almeno 12,5 metri dall'intersezione.

I raggi interni di curvatura non devono scendere sotto i 5 metri e la pavimentazione deve evitare il ristagno dell'acqua piovana che d'inverno può portare alla formazione di ghiaccio.

L'uniformità del tipo di intersezioni utilizzate lungo un itinerario ne facilita la comprensione e diminuisce la probabilità di errori umani.

Comfort

Per garantire il comfort alle intersezioni è necessario avere uniformità tra la superficie del percorso ciclabile e quella stradale, senza cordonate interrate che col tempo possono emergere o sprofondare creando gradini.

Il ciclista deve avere una buona visuale dell'intersezione per poter valutare in anticipo la situazione e, se del caso, procedere semplicemente moderando la velocità, senza necessità di arrestarsi completamente e ripartire. Ripartire da fermi equivale ad uno sforzo pari a 100 metri di pedalata.

Il parcheggio in prossimità di attraversamenti, pedonali o ciclabili che siano, dev'essere proibito, per migliorare la visibilità. Alle intersezioni semaforizzate, la casa avanzata consente,

oltre ad una maggiore visibilità, anche una minore esposizione ai gas di scarico dei veicoli motorizzati.

6 Quadro conoscitivo del sistema territoriale di studio

Per intervenire in un sistema territoriale, con proposte e soluzioni efficaci e coerenti, non si può prescindere da un studio dell'evoluzione storica dello stesso, per capire come si è arrivati allo stato attuale, tanto più in un campo in continuo mutamento come quello della mobilità. Inoltre è importante avere un quadro delle politiche di mobilità in atto, per capire le tendenze verso cui il sistema si sta muovendo e poter meglio interpretare i dati a disposizione. Sono questi gli aspetti che il presente capitolo si pone l'obiettivo di approfondire.

6.1 Evoluzione storica della mobilità nella terraferma veneziana

6.1.1 Il borgo antico di Mestre

Il più antico documento riportante il nome di Mestre risale al 994, quando l'abitato non era altro che un piccolo borgo sulla sponda nord del fiume Marzenego alla confluenza di tre importanti vie di comunicazione di cui restano ancora oggi le tracce in città: il *Terraglio*, che si diparte dalla città di direzione nord, verso Treviso, la *Castellana*, che si dirige verso Castelfranco, Bassano del Grappa e Trento e la *Miranese* che la collegava a Padova.

A poca distanza dal borgo sorgeva il *Porto di Cavergnago*, sul fiume Marzenego, tramite il quale nacquero i primi commerci con Venezia.

Lungo la laguna, nel sedime dell'odierna via Orlanda, correva la via *Annia* o *Emilia Altinate* che collegava Bologna ad Altino e Aquileia passando per Padova (porta Altinate) e le attuali località di Malcontenta, Marghera, Campalto e Tessera nella terraferma veneziana [26].

Con l'annessione alla Repubblica di Venezia nel 1337 i traffici commerciali tra Mestre e la laguna si intensificarono e richiesero lo scavo di un nuovo canale navigabile, il *Canal Salso*, che collega il centro di Mestre alla zona di San Giuliano sulla laguna. Tale canale divenne

determinante nei collegamenti con Venezia quando nel 1502 la Serenissima decise di deviare il fiume Marzenego, attraverso il *Canale dell'Osellino*, per farlo sfociare nella parte settentrionale della laguna, in corrispondenza dell'abitato di Altino, decretando il definitivo abbandono del Porto di Cavergnago.

Il fiume Marzenego e il Canal Salso furono il cuore della vita commerciale di Mestre fino al 1842 quando venne aperta la ferrovia Milano – Venezia, con la stazione di Mestre, situata 1km a sud dell'allora centro abitato, determinando un graduale spostamento verso sud del baricentro cittadino. Nel 1846, con l'apertura del ponte ferroviario translagunare, il Canal Salso iniziò a perdere la sua importanza nei collegamenti con Venezia. Importanti industrie sorsero sulle sue sponde tra Mestre e San Giuliano, nell'area dell'odierna via Torino.

6.1.2 Mestre, città del Novecento

Fu però il '900 a sconvolgere completamente l'assetto urbanistico di Mestre.

Con l'avvento del nuovo secolo, il progetto della *Grande Venezia* portò all'annessione di numerosi comuni al capoluogo lagunare. Si iniziò nel 1883 con la soppressione del Comune di Malamocco. Nel 1917 la frazione mestrina di Bottenigo (oggi Marghera) venne annessa a Venezia, per permettere la costruzione di un grande porto a servizio della città. Poi venne il momento del Comune di Pellestrina nel 1923 e di Murano e Burano nel 1924. Nel 1926 lo stesso Comune di Mestre viene annesso a Venezia, assieme ai comuni di Chirignago, Zelarino e Favaro Veneto e alla frazione di Malcontenta, precedentemente appartenuta a Mira [27].

Nel 1933, con l'apertura del Ponte della Libertà che connette il centro storico di Venezia alla terraferma, la mobilità mestrina subì un nuovo sconvolgimento. Venne realizzato l'attuale Corso del Popolo, che, attraverso il cavalcaferrovia della Vempa, permise di connettere Mestre

con Via della Libertà e Marghera. Con l'occasione, per favorire le connessioni con Corso del Popolo, un tratto del Canal Salso venne definitivamente interrato.

Con la costruzione del grande porto industriale di Marghera tra le due guerre mondiali e il boom economico, a partire dagli anni cinquanta del '900 Mestre mutò radicalmente anche dal punto di vista urbanistico, passando in poco tempo da 20.000 a 200.000 abitanti. Questa rapidissima crescita, sommata all'assenza di un piano regolatore, portò ad uno sviluppo disordinato noto come il "sacco di Mestre" [28].

Solo a fine secolo la città inizia a cambiare rotta, con la pedonalizzazione della piazza principale di Mestre, Piazza Ferretto nel 1984, la creazione di nuovi parchi urbani (per citare i più grandi Parco Albanese del 1980, Parco San Giuliano del 2004), l'apertura del sottopasso ciclopedonale a sud della stazione di Mestre nel 1990 e la trasformazione di via Dante in percorso ciclopedonale, nuovi boschi urbani (il Bosco dell'Osellino del 1994, il Bosco di Mestre del 2008, il Bosco di Campalto del 2011), una rete ciclabile che inizia a strutturarsi nel 2005 con il nuovo Biciplan, l'istituzione della prima zona 30 nel Quartiere Piraghetto nel 2008, la pedonalizzazione di via Andrea Costa nel 2013, la reintroduzione del trasporto tranviario nel 2010 e 2015 e lo scopercchiamento del Marzenego in via Poerio nel 2014.

Tuttavia, nonostante queste importanti novità nel campo della mobilità sostenibile e della tutela dell'ambiente, persistono politiche urbanistiche che non riescono a contrastare e arginare la continua dispersione insediativa che si registra anche tra il 2000 ed oggi.



Figura 5 | Piazza Ferretto fino al 1984
Foto di *storiAmestre* in *Piazza Ferretto. Com'era, com'è*



Figura 6 | Piazza Ferretto oggi
Foto di *Wikipedia* in *Piazza Erminio Ferretto*



Figura 7 | Il bosco di Mestre tra Favaro e Dese
Foto di *Stefano Marchiante*



Figura 8 | Moderazione del traffico nella zona 30 del quartier Piraghetto



Figura 9 | Ponte ciclopedonale di Piazzale Cialdini a Mestre in notturna
Foto di Stefano Marchiante



Figura 10 | Pedonalizzazione di via Poerio e scoperciamiento del Fiume Marzenego dal 2014 in centro a Mestre

6.2 Infrastrutture per la ciclabilità

Per garantire un collegamento pedonale tra Mestre e Marghera nel 1932 viene costruita una passerella metallica che sovrappassa i binari della stazione di Mestre e via della Libertà. Solo nel 1982 si arriva ad avere il primo sottopasso pedonale, quello che tutt'oggi permette l'accesso ai binari della stazione di Mestre, e nel 1990 il primo sottopasso ciclopedonale che da via Dante connette a via Rizzardi. Negli anni successivi, per stralci, via Dante è stata in parte chiusa al traffico e in parte infrastrutturata con una pista ciclabile, per raggiungere il cuore di Mestre.



Figura 11 | Un tratto di via Dante trasformato in itinerario ciclopedonale

Altre grandi opere per la ciclabilità risalenti a quegli anni sono il ponte ciclopedonale su viale Vespucci e il Canale Osellino per connettere Villaggio San Marco al Bosco dell'Osellino e al nascente Quartiere Pertini, risalente al 1988, e le piste ciclabili della Dosa e di Viale San Marco del 1992.

Nel 2004, con la realizzazione del Parco San Giuliano, è stato costruito anche il ponte strallato ciclopedonale, denominato Ponte Europa, che collega il parco con Viale San Marco scavalcando la SS14.

Dall'8 giugno 2008, per migliorare la circolazione ferroviaria nel nodo di Mestre, RFI ha riattivato parte della Linea dei Bivi, realizzando lo Scavalco di Maerne e la nuova stazione di Spinea e sopprimendo la stazione di Venezia Asseggiano e il relativo tratto di ferrovia. Tale tratto di infrastruttura dismesso è stato ceduto nel dicembre 2017 da RFI al Comune di

Venezia che l'ha trasformato in una via verde ciclopedonale perfettamente rettilinea di 2,4 km che collega Asseggiano con Chirignago, inaugurata nel 2019.



Figura 12 | La via verde ciclopedonale sul sedime dell'ex ferrovia della Valsugana
Foto di Stefano Marchiante

Tra il 2016 e il 2017 sono stati realizzati una passerella a sbalzo sulla laguna, che connette il tratto di percorso ciclopedonale esistente sul ponte translagunare con il centro storico della città, e i percorsi d'accesso al Ponte della Libertà dalla stazione ferroviaria di Porto Marghera, permettendo quindi di muoversi in bicicletta dalla terraferma fino a Venezia isola. Nel 2020 è stato inoltre aperto in Piazzale Roma, nel piano interrato dell'autorimessa comunale, un BiciPark con 100 box automatizzati e dotati di prese per la ricarica delle e-bike. Già nell'aprile 2014 era stato inaugurato nella terraferma, accanto alla stazione di Mestre, il primo BiciPark, all'epoca il più grande d'Italia, con oltre 800 posti bici.



Figura 13 | Passerella ciclopedonale a sbalzo lungo il ponte translagunare

Sono in fase di realizzazione il collegamento tra il percorso ciclopedonale sul Ponte della Libertà e il Tronchetto (1,4 km) e il nuovo BiciPark Tronchetto all'imbarco del ferry per il Lido. Si sta intervenendo anche lato terraferma dove dalla stazione ferroviaria di Porto Marghera è in realizzazione un percorso lungo via Paganello e via Ca' Marcello per collegarsi alla rete ciclabile di Mestre centro e sull'altro lato della ferrovia, lungo via delle Industrie e via delle Macchine verso Marghera.

Per il prossimo futuro, gli investimenti più rilevanti per la ciclabilità sono previsti a livello sovracomunale nell'ambito della realizzazione del parco fluviale del Marzenego, da Mestre via Noale fino alle porte di Castelfranco, il prolungamento della via verde sul tracciato dell'ex ferrovia della Valsugana oltre Asseggiano fino a collegarsi con la nota ciclovía Treviso - Ostiglia, la messa in sicurezza dell'itinerario Ca' Sabbioni - Portegradi da parte della Città Metropolitana che attraversa interamente la terraferma veneziana fino a collegarsi con la

ciclovía lungo il fiume Sile, la GiraSile Treviso - Jesolo, e il tratto iniziale della ciclovía VenTo che collega il centro storico di Venezia con Torino attraverso Lido e Pellestrina per andare ad intercettare il Po e risalirlo fino alla città della Mole.

6.3 Politiche a supporto della ciclabilità

Il Comune di Venezia nel campo della mobilità ciclistica, non si è concentrato esclusivamente nella realizzazione di infrastrutture lineari ciclabili, come le piste ciclabili, vie verdi e passerelle ciclopedonali, ma anche puntuali, come i BiciPark di Mestre, con 800 posti bici in struttura, e Venezia, con 100 bicibox, e i 174 ciclostalli sicuri e ben riconoscibili, grazie al caratteristico colore rosso di *Venezia in Bici*, che ospitano fino a 1200 posti bici sparsi per la città.

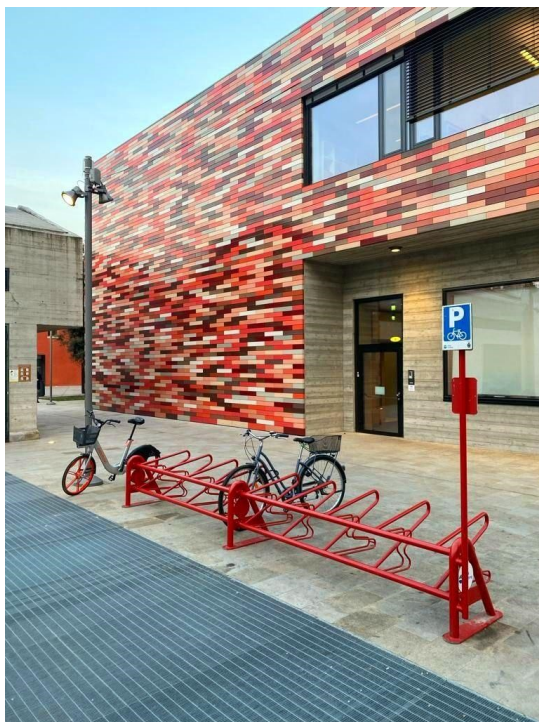


Figura 14 | Iconici ciclostalli rossi del Comune di Venezia
Foto di Stefano Marchiante



Figura 15 | Particolare della facilità di ancoraggio del telaio all'apposito braccio
Foto di Stefano Marchiante

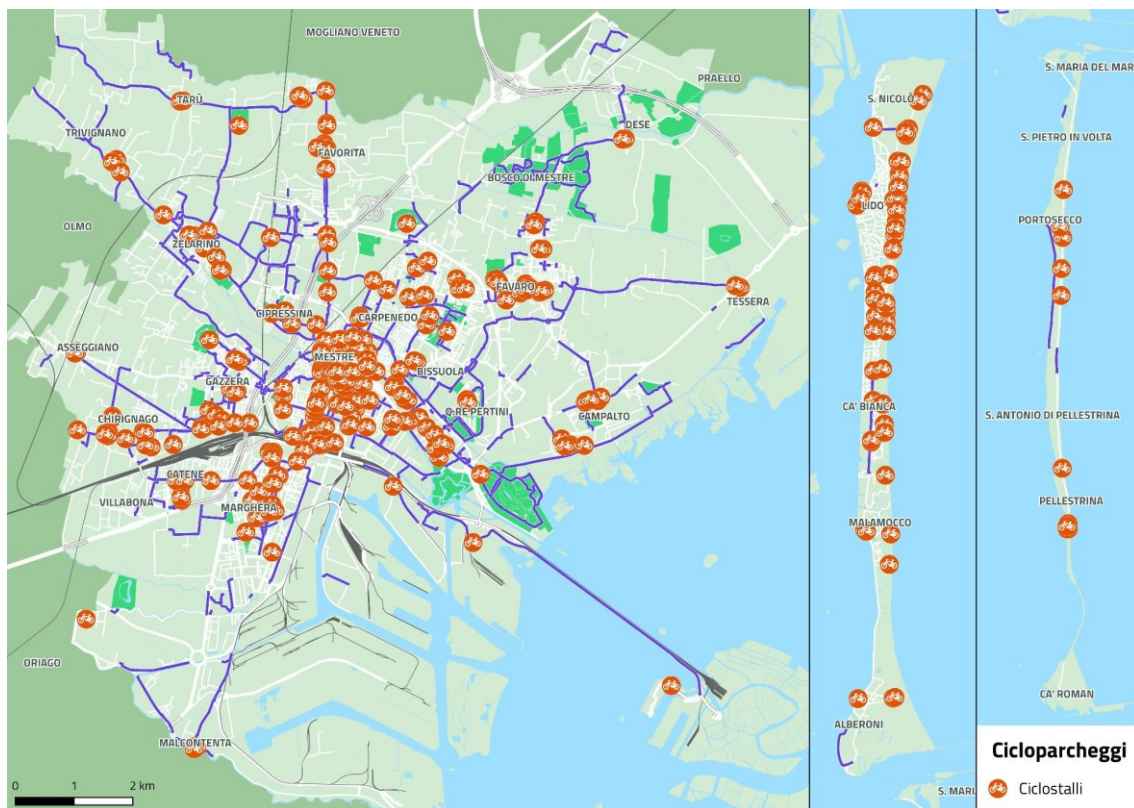


Figura 16 | Mappa dei ciclostalli del Comune di Venezia

Negli anni l'Ente ha sviluppato diverse iniziative volte a promuovere e incentivare l'utilizzo della bicicletta come mezzo di mobilità quotidiana presso la popolazione.

Dal giugno 2020 è stato attivato un servizio di bike sharing a flusso libero che consente di prelevare e riconsegnare le biciclette in qualunque punto dell'area operativa tramite l'uso di un'app che tramite GPS e Bluetooth sblocca e blocca a fine corsa la bicicletta. Il parco mezzi è di 1000 velocipedi, metà muscolari e metà a pedalata assistita, distribuite tra la terraferma e le isole del Lido e Sant'Erasmo.



Figura 17 | Le biciclette del bikesharing in via Ca' Marcello, in uno degli spazi di sosta definiti dal Comune di Venezia

Ogni anno a settembre, nell'ambito della Settimana Europea della Mobilità, il Comune di Venezia organizza iniziative per avvicinare la popolazione alla ciclabilità con escursioni alla scoperta della terraferma e delle isole ciclabili, laboratori per i più piccoli, spettacoli, conferenze e convegni, stand informativi e gadget.

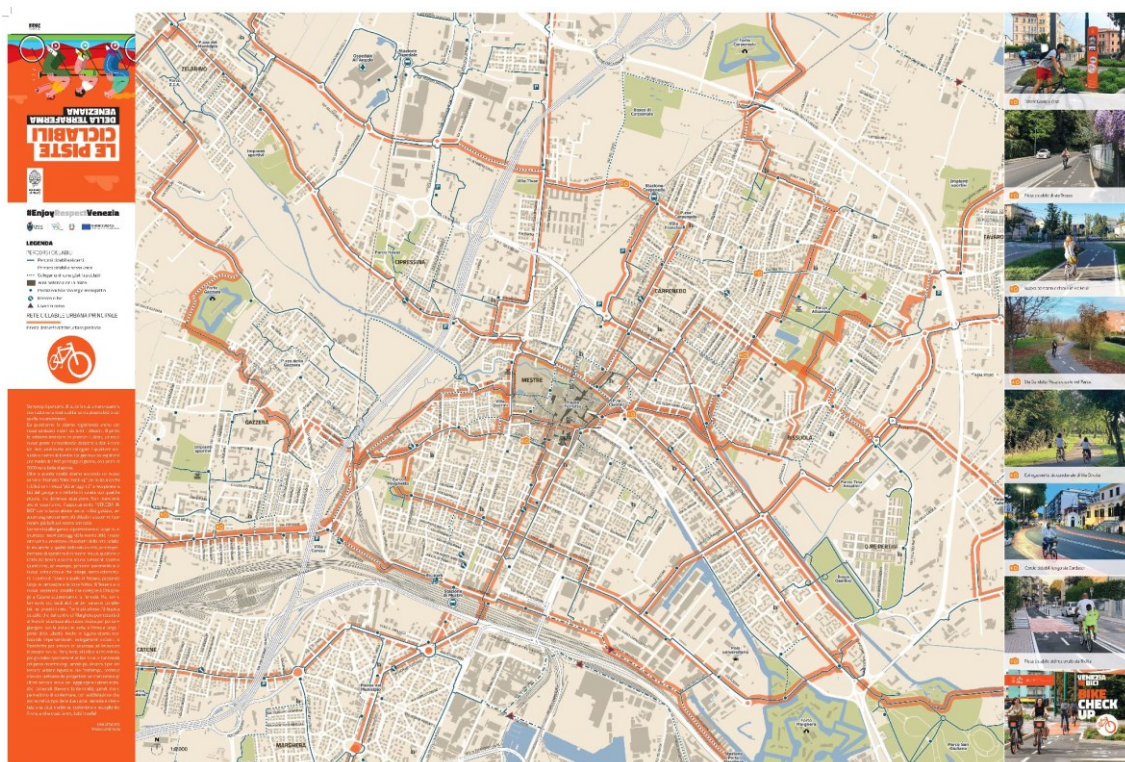


Figura 20 | La mappa delle piste ciclabili prodotta dagli uffici per la Settimana Europea della Mobilità 2023

L'Ente tra il 2012 e il 2015, nell'ambito del progetto europeo *PUMAS - Planning Sustainable regional-Urban Mobility in the Alpine Space*, ha sviluppato in alcune scuole primarie e secondarie di primo grado del comune il Piano Partecipato di Mobilità Scolastica denominato "La mia scuola va in classe A", con cui ha sensibilizzato la comunità scolastica alle scelte di mobilità per i percorsi casa - scuola.

Da gennaio 2023, a seguito della riqualificazione di Piazzale Cialdini, è stato installato il primo contabici permanente della città con relativo totem e display che mostra in tempo reale il numero di transiti, fondamentale sia per monitorare l'evoluzione della mobilità ciclistica, sia per motivare e sostenere i cittadini che ogni giorno scelgono la bici per spostarsi in città.

7 Un sistema informativo a supporto delle attività degli uffici

Con questo capitolo si entra nel vivo delle attività svolte durante l'attività di tirocinio a supporto degli uffici del Comune di Venezia. In particolare, verranno qui presentate le modalità utilizzate per la mappatura della rete ciclabile, con le scelte e le strategie adottate. Si passerà poi alle attività volte alla divulgazione della rete ciclabile presso gli utilizzatori finali, con l'obiettivo di raggiungere il maggior numero possibile di utenti. Infine si descriverà il processo di concezione e creazione di un gestionale geografico, che contenga tutte le informazioni utili alla gestione, manutenzione, miglioramento ed estensione della rete ciclabile comunale.

7.1 Mappatura della rete ciclabile esistente

Con la mappatura della rete ciclabile ci si è posti l'obiettivo di creare un quadro dettagliato e aggiornato delle infrastrutture ciclabili esistenti nel territorio comunale, utile all'interno degli uffici per avere un maggior controllo del patrimonio disponibile, della sua estensione, copertura geografica, nonché fornire una base chiara per analisi più approfondite su criticità e potenzialità di sviluppo. Tale attività riveste un ruolo fondamentale anche nei rapporti col pubblico per poter poi elaborare e mettere a disposizione della cittadinanza mappe accurate e aggiornate.

Una prima mappatura degli itinerari ciclabili principali era già disponibile presso gli uffici. Era stata ricavata nel 2018 a partire dai dati del SIT comunale e poi riadattata alle esigenze dell'ufficio pianificazione.

Di tale mappatura si è deciso di preservare un solo attributo, quello più utile e significativo, che racchiude diverse caratteristiche in un solo campo, come la direzione di percorribilità, il tipo di utenza ammessa e il tipo di sede.

L'elenco dei codici ammessi per questo campo tipologico, già in uso presso l'Ente, è il seguente:

Codice	Descrizione
0	collegamento fittizio
11	pista monodirezionale in sede propria (separata fisicamente da pedoni e strada)
12	pista bidirezionale in sede propria (separata fisicamente da pedoni e strada)
21	corsia riservata, monodirezionale in carreggiata
22	corsia riservata, monodirezionale contromano in carreggiata
23	corsia riservata, bidirezionale in carreggiata
31	corsia non riservata, monodirezionale in carreggiata
32	corsia non riservata, monodirezionale contromano in carreggiata
41	pista monodirezionale contigua al marciapiede (senza separazione fisica invalicabile)
42	pista bidirezionale contigua al marciapiede (senza separazione fisica invalicabile)
51	ciclopedonale monodirezionale su marciapiede
52	ciclopedonale bidirezionale su marciapiede
53	ciclopedonale monodirezionale su strada
54	ciclopedonale bidirezionale su strada
61	promiscuo su strada
62	promiscuo su strada F bis (bidirezionale)
63	promiscuo su strada urbana ciclabile E bis (bidirezionale)

71	promiscuo su strada senza traffico < 50 veicoli giorno
72	promiscuo su strada basso traffico < 50 veicoli ora
73	promiscuo in zona 30
74	promiscuo in zona traffico limitato ZTL
75	promiscuo in zone residenziali
81	via verde ciclabile
82	sentiero ciclabile o percorso natura, anche senza infrastruttura
90	in costruzione
91	area pedonale consentita alle biciclette
92	area pedonale cicli a mano
94	attraversamento assente
95	attraversamento pedonale
96	attraversamento ciclopedonale
97	attraversamento ciclabile
98	tratti inesistenti monodirezionali
99	tratti inesistenti bidirezionali

Tabella 1 | Elenco dei codici ammessi e relativa descrizione

Tale prima mappatura, derivante da dati del SIT, utilizzava un sistema di riferimento locale, superato dalla normativa attuale, ovvero il Roma40 con proiezione di Gauss-Boaga fuso Est (EPSG 3004). La mappa di base su cui erano stati disegnati gli itinerari era un'ortofoto georeferenziata su Venezia, quindi molto precisa, ma impossibile da utilizzare nei rapporti con i professionisti esterni, con i comuni contermini e nei software modellistici, pertanto utilissima per le finalità dell'ufficio SIT, ma non per quelle dell'ufficio pianificazione.

Si è dunque scelto un nuovo sistema di riferimento, il WGS84/UTM 32N (EPSG 32632) ovvero un datum basato sull'ellissoide geocentrico più diffuso al mondo, al fine di potersi sovrapporre al meglio con mappe di base globali come Google Maps, Bing Maps o OpenStreetMap, facilmente utilizzabili in un software GIS, e la proiezione è UTM, *Universal Trasverse of Mercatore*, centrata sul fuso 32. Il Comune di Venezia ricade per poco nel fuso 33, ma a livello nazionale è più utilizzato il fuso 32, ad esempio nei dati ISTAT, e quindi si è preferito basarsi su quello.

Le geometrie della prima mappatura sono state riproiettate nel nuovo sistema di riferimento, ma cambiando ellissoide di riferimento e mappa di base, si è comunque dovuto provvedere a ricollocare manualmente la quasi totalità dei vertici. Questo ha permesso anche di ripulire le geometrie da vertici superflui, migliorando così la qualità del prodotto finale. Ogni tratto di infrastruttura ciclabile è stato inoltre verificato con Google Street View per verificare che il codice riferito alla tipologia di infrastruttura fosse corretto e attuale. Oltre alla reale infrastruttura si sono mappati anche gli attraversamenti che danno continuità ai percorsi e si sono introdotti elementi fittizi per legare il termine di un percorso ciclabile con l'asse della strada al quale è connesso.

Si è poi passati a mappare ex novo tutti i percorsi non principali o di costruzione successiva al 2018, catalogando ogni tratto secondo la codifica precedentemente esposta. A tale scopo si è utilizzato Google StreetView per i tratti in cui erano disponibili immagini recenti, sono invece stati effettuati sopralluoghi sul campo per i tratti distanti da strade o con immagini troppo datate.

Come ulteriore verifica, per assicurarsi che nessun tratto di percorso ciclabile fosse stato dimenticato, si è confrontato il risultato ottenuto con la rete aggiornata dai volontari di OpenStreetMap, ovvero la più accurata mappa dei percorsi ciclabili esistente a livello nazionale.

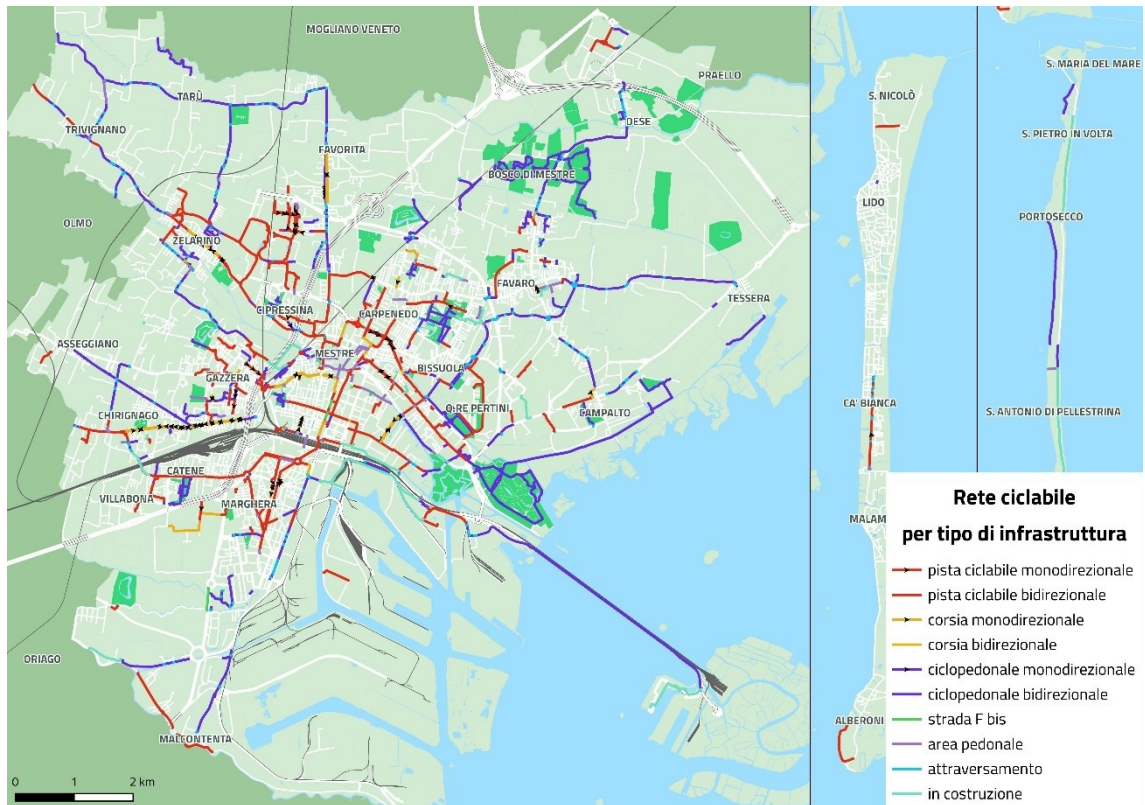


Figura 21 | Mappa della rete ciclabile catalogata per tipo di infrastruttura, ottenuta raggruppando le classi precedentemente definite in macro classi per facilitarne la rappresentazione

7.2 Divulgazione della rete ciclabile

Per permettere al pubblico di pianificare itinerari il più possibile in sicurezza tra due punti qualsiasi del territorio e di navigare sulla mappa della rete ciclabile e considerando inoltre che sono necessari strumenti che permettano una navigazione geografica più ampia, oltre i confini comunali, soprattutto nel campo della mobilità, si sono valutate e intraprese diverse strade.

La mappatura della rete è stata innanzitutto trasmessa al Servizio Sistema Informativo Territoriale (SIT) del Comune di Venezia affinché venisse aggiornata anche nel geoportale comunale online. L'ufficio, in collaborazione con la Città Metropolitana, sta lavorando ad un'applicazione per smartphone sulla quale sarà possibile anche la pianificazione di itinerari e la navigazione satellitare.

Considerata la diffusione di strumenti di navigazione commerciali come Google Maps e strumenti più specifici per la ciclabilità come Komoot e Naviki, che utilizzano le mappe a licenza aperta di OpenStreetMap, si è valutato che una collaborazione con questi operatori era imprescindibile per raggiungere il maggior numero possibile di utenti.

7.2.1 Condivisione della rete con Google Maps

L'applicazione più diffusa in Italia per la navigazione è Google Maps. Per raggiungere il massimo numero di utenti con un grafo ciclabile aggiornato non si poteva dunque prescindere dalla cessione dei dati a Google.

Per fare ciò esiste un'apposita piattaforma, Google Maps Content Partners, tramite la quale è possibile caricare file GIS nel formato shapefile da sottoporre alla revisione di un team di Google Maps, per poi essere implementato nelle loro mappe.

Ogni file caricato, per essere accettato, deve soddisfare determinati requisiti, in riferimento al formato e alla struttura del dato.

Ad esempio, le geometrie non devono presentare:

- vialetti privati,
- archi pendenti,
- linee sovrapposte o quasi sovrapposte,
- poligoni che si sovrappongono,
- polilinee per elementi poligonali come confini politici o lotti,
- linee non connesse (undershoots).

Per quanto riguarda i campi da utilizzare, sono stati selezionati i seguenti. L'unico obbligatorio è il campo BIKE:

Field	Description	Example
SURFACE	Road Surface	One of: Paved, Unpaved
CAR	Cars are allowed on this segment	One of: Allowed, Small vehicles only (mopeds), None, Disallowed
PEDEST	Segment traffic restricted to pedestrian access	One of: Trail, Walkway, Mall, Sidewalk, Wide Shoulder, None, Disallowed
BIKE	Whether the segment allows bikes, and if so, what route type it is	One of: <ul style="list-style-type: none"> ● NON_TRAFFIC_TRAIL: A trail dedicated to bikes, pedestrians, etc; where cars and trucks are strictly not allowed, ● SEPARATE_TRAIL: Roads with a physical barrier separating bikes from cars, with the additional requirement that pedestrians are not allowed on a <i>SEPARATE_TRAIL</i>, ● BIKE_FRIENDLY_PEDESTRIAN_PATH: A pedestrian path / sidewalk which runs along a road, where bicyclists are directed to use instead of riding on the road which is Exclusively for cars and trucks, ● BIKE_LANE: Roads with a dedicated painted lanes for bikes,

		<ul style="list-style-type: none"> ● BIKE_LANE_WITH_PEDESTRIAN_PATH: Same definition as <i>Bike Lane</i>, with the addition that bikes are also allowed to travel on the nearby pedestrian path / sidewalk, ● SHARED_ROAD: Roads where bikes travel on the same path cars also travel, ● SHARED_ROAD_WITH_PEDESTRIAN_PATH: Same definition as <i>Shared Road</i>, with the addition that bikes are also allowed to travel on the nearby pedestrian path / sidewalk, ● DISALLOWED: Roads/trails where bikes are strictly prohibited from operating on these segments.
DIR	Identifies the direction of travel	One of: Bi-Directional, Forward, Reverse
BIKE SAFETY	Are there any known safety concerns with this bicycle route	<p>One of:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● RECOMMENDED: No safety concerns, this is an established route (most common), ● NEUTRAL: No known safety concerns, bikes can travel along this route, ● CAUTION: Bikes are allowed on this route, but it is not recommended, this could be due to lack of signage or deprioritization of bikes, ● ILLEGAL: Bikes are not allowed on the route/path.
ELEV	If the road is elevated, or a bridge or a tunnel	One of: bridge, tunnel, overpass, underpass

Tabella 2 | Elenco dei campi selezionati tra quelli ammessi dalla piattaforma Google Maps Content Partners

I codici relativi al tipo di infrastruttura del Comune di Venezia sono stati così convertiti nella classificazione di Google:

Lato Comune di Venezia		Lato Google					
Codice	Legenda	SURFACE	CAR	PEDEST	BIKE	DIR	BIKE SAFETY
0	collegamento fittizio	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Bi-Directional	RECOMMENDED
11	pista monodirezionale in sede propria (separata fisicamente da pedoni e strada)	Paved	Disallowed		Separate Trail	Forward	RECOMMENDED
12	pista bidirezionale in sede propria (separata fisicamente da pedoni e strada)	Paved	Disallowed		Separate Trail	Bi-Directional	RECOMMENDED
21	corsia riservata, monodirezionale in carreggiata	Paved	Allowed		Bike Lane	Forward	RECOMMENDED
22	corsia riservata, monodirezionale contromano in carreggiata	Paved	Allowed		Bike Lane	Forward	RECOMMENDED
23	corsia riservata, bidirezionale in carreggiata	Paved	Allowed		Bike Lane	Bi-Directional	RECOMMENDED
31	corsia non riservata, monodirezionale in carreggiata	Paved	Allowed		Bike Lane	Forward	RECOMMENDED
32	corsia non riservata, monodirezionale contromano in carreggiata	Paved	Allowed		Bike Lane	Forward	RECOMMENDED
41	pista monodirezionale contigua al marciapiede (senza separazione fisica invalicabile)	Paved	Disallowed		Separate Trail	Forward	RECOMMENDED
42	pista bidirezionale contigua al marciapiede (senza separazione fisica invalicabile)	Paved	Disallowed		Separate Trail	Bi-Directional	RECOMMENDED

51	ciclopedonale monodirezionale su marciapiede	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Forward	RECOMMENDED
52	ciclopedonale bidirezionale su marciapiede	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Bi-Directional	RECOMMENDED
53	ciclopedonale monodirezionale su strada	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Forward	RECOMMENDED
54	ciclopedonale bidirezionale su strada	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Bi-Directional	RECOMMENDED
61	promiscuo su strada	Paved	Allowed		Shared Road	Forward	NEUTRAL
62	promiscuo su strada F bis (bidirezionale)	Paved	Allowed		Shared Road	Bi-Directional	RECOMMENDED
63	promiscuo su strada urbana ciclabile E bis (bidirezionale)	Paved	Allowed		Shared Road	Bi-Directional	RECOMMENDED
71	promiscuo su strada senza traffico < 50 veicoli giorno	Paved	Allowed		Shared Road	Forward	RECOMMENDED
72	promiscuo su strada basso traffico < 50 veicoli ora	Paved	Allowed		Shared Road	Forward	RECOMMENDED
73	promiscuo in zona 30	Paved	Allowed		Shared Road	Forward	NEUTRAL
74	promiscuo in zona traffico limitato ZTL	Paved	Allowed		Shared Road	Bi-Directional	RECOMMENDED
75	promiscuo in zone residenziali	Paved	Allowed		Shared Road	Bi-Directional	NEUTRAL
81	via verde ciclabile	definire caso per caso	Disallowed		Non-traffic Trail	Bi-Directional	RECOMMENDED
82	sentiero ciclabile o percorso natura, anche senza infrastruttura	Unpaved	Disallowed		Non-traffic Trail	Bi-Directional	RECOMMENDED
90	in costruzione						

91	area pedonale consentita alle biciclette	Paved	Disallowed		Non-traffic Trail	Bi-Directional	RECOMMENDED
92	area pedonale cicli a mano	Paved	Disallowed	Walk way	Non-applicable	Bi-Directional	RECOMMENDED
94	attraversamento assente	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Bi-Directional	RECOMMENDED
95	attraversamento pedonale	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Bi-Directional	RECOMMENDED
96	attraversamento ciclopedonale	Paved	Disallowed		Bike Friendly Pedestrian Path	Bi-Directional	RECOMMENDED
97	attraversamento ciclabile	Paved	Disallowed		Separate Trail	Bi-Directional	RECOMMENDED

Tabella 3 | Tabella di conversione dal codice tipologico in uso presso il Comune di Venezia alla catalogazione secondo gli standard di Google Maps Content Partners

Si è poi provveduto a caricare lo shapefile risultante nella piattaforma Google Maps Content Partners, specificando nei dettagli la richiesta di mantenere la rete ciclabile allegata separata dalla rete stradale anche quando essa si snoda lungo un asse stradale, in modo che l'utente possa capire in quale lato della strada si trova la pista ciclabile ed eventualmente dove l'itinerario cambia lato.

Successivamente è stato fornito a Google un secondo shapefile, contenente il grafo stradale del Comune di Venezia con gli elementi caratterizzati da due attributi. L'attributo BIKE declinato in tre possibili configurazioni:

- **DISALLOWED:** contraddistingue quei segmenti stradali in cui le biciclette non sono ammesse, come il centro storico di Venezia o la A57 - Tangenziale di Mestre,
- **BIKE LANE:** indica quei segmenti stradali dove è presente una corsia ciclabile,

- SHARED ROAD: è il valore riservato a tutti gli altri tipi di strade, ovvero dove il transito delle biciclette è consentito, ma non sono presenti specifiche corsie ed il transito è a tutti gli effetti promiscuo con le auto.

Inoltre si è scelto di introdurre un nuovo attributo, non presenti tra quelli proposti da Google, nominato BIKE_DIR, limitatamente ai segmenti stradali in cui è presente una corsia ciclabile, per indicare se essa è presente in un solo senso o per entrambi i sensi di marcia, distinguendosi così dall'attributo DIR che è invece riferito al traffico motorizzato.

7.2.2 Implementazione della rete su OpenStreetMap

La maggior parte delle applicazioni per smartphone che offrono servizi di pianificazione e navigazione in bicicletta si basano su un grafo di base ricavato da OpenStreetMap e periodicamente aggiornato.

OpenStreetMap è un progetto collaborativo mondiale finalizzato alla diffusione gratuita della conoscenza geografica, con 11 milioni di utenti registrati e 4 milioni di modifiche quotidiane alle mappe.

Per l'aggiornamento della rete ciclabile presente in OpenStreetMap, non si è potuto procedere sostituendo al grafo ciclabile esistente quello appena mappato, in quanto questo avrebbe determinato la perdita della cronologia delle modifiche dei singoli elementi, delle relazioni fra elementi e dei punti di connessione tra segmenti, quindi, nel pieno rispetto delle regole della piattaforma, si è proceduto ad un confronto tra la mappa disponibile e il nostro grafo GIS, mappando i singoli elementi mancanti nella cartografia di OpenStreetMap.

Durante l'aggiornamento sono state gestite anche le interazioni con gli altri utenti volontari di OpenStreetMap per correggere errori di mappatura presenti nel portale.

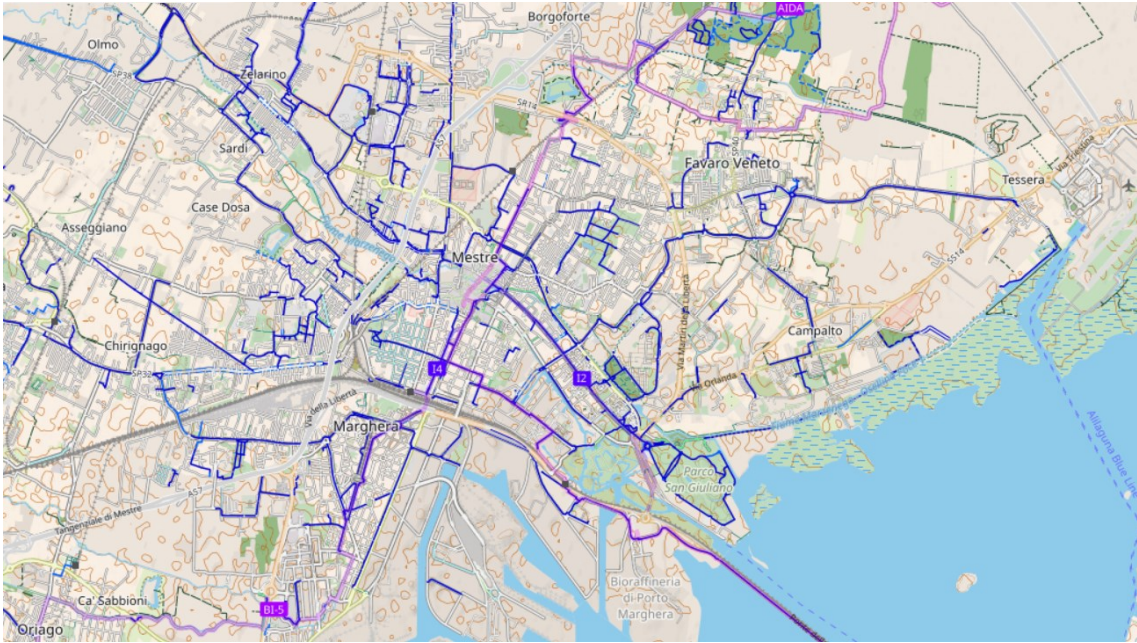


Figura 22 | Schermata dell'interfaccia di OpenStreetMap relativa alla ciclabilità dopo l'aggiornamento della rete

7.3 Gestionale geografico della ciclabilità

Al fine di semplificare e unificare in un unico strumento la gestione della rete ciclabile esistente si è pensato di creare un gestionale geografico che a partire dalla mappatura effettuata, riportasse anche tutte le caratteristiche fisiche e amministrative di ogni tratto e fosse predisposto per curare anche la manutenzione dell'infrastruttura, immagazzinando dati sulle problematiche riscontrare.

7.3.1 Concezione e costruzione di un gestionale

In collaborazione con gli uffici sono state definite le informazioni più importanti riguardanti ogni tratto di ciclabile utili da avere in un gestionale geografico.

Di seguito sono riportati i campi selezionati e i relativi possibili valori.

Campi relativi alle caratteristiche fisiche del percorso:

- **denominazione** dell'itinerario, utile a selezionare rapidamente tutti i tratti di un itinerario
campo libero
- **tipo** di infrastruttura
selezione dalla lista utilizzata per la mappatura
- **Codice Intervento** che ha portato alla realizzazione
campo libero in modo da accogliere sia le 5 cifre dei Codici d'Intervento sia il nome dell'eventuale altro ente che ha realizzato il percorso
- **anno** di apertura del percorso
intero a 4 cifre compreso tra 1930 e 2099 per limitare possibili errori di digitazione
- **pavimentazione**
una fra le seguenti voci:

- asfalto
- masselli autobloccanti
- pietrisco - ghiaia
- tipo biostrasse
- calcestruzzo
- calcestruzzo colorato in pasta
- lastricato
- cubetti di porfido
- acciaio
- legno
- tipo di **separazione** dalla strada
 - una fra le seguenti voci:
 - segnaletica orizzontale
 - paletti - elementi puntuali
 - quota differente
 - staccionata in legno
 - recinzione metallica - guardrail
 - fossato
 - doppia cordonata
 - aiuola (larghezza <3m)
 - indipendente
 - altro
- presenza di **illuminazione** pubblica
 - sì o no
- **lunghezza** del segmento
 - campo numerico di 7 cifre di cui 2 decimali

- **larghezza** del percorso

campo numerico di 4 cifre di cui 2 decimali

Campi relativi alle segnalazioni e problematiche riscontrate nei singoli tratti:

- criticità **segnaletica orizzontale**, descrizione

campo libero

- data riscontro

campo data

- data risoluzione

campo data

- criticità **segnaletica verticale**, descrizione

campo libero

- data riscontro

campo data

- data risoluzione

campo data

- criticità **pavimentazione**, descrizione

campo libero

- data riscontro

campo data

- data risoluzione

campo data

- **note**

campo libero

7.3.2 Implementazione dei dati nel gestionale

Per la datazione dei singoli tratti di infrastrutture ciclabili si è fatto uso del Gestionale dei Lavori Pubblici GELP del Comune di Venezia, dello storico delle determinazioni dirigenziali e delle ordinanze su Altana (l'intranet comunale) e del server aziendale tramite parola chiave o tramite Codice d'Intervento quando disponibili. In secondo luogo, per i tratti la cui datazione non è stata possibile con i precedenti metodi, si è proceduto con la consultazione delle immagini satellitari di Google Maps, delle immagini stradali di Google Street View, delle immagini satellitari del Portale Cartografico Nazionale del Ministero dell'Ambiente e delle foto aeree dell'Aerofototeca digitale della Regione del Veneto. Infine, per i tratti più antichi, si è svolta una seconda verifica consultando FIAB Mestre cercando riscontro delle datazioni stimate tramite documenti di cui l'associazione è in possesso e la memoria storica dei membri.

In tutto sono stati catalogati 7 parametri/campi per ognuno degli oltre 3400 segmenti che compongono la rete, in terraferma e sulle isole di Lido e Pellestrina, per un totale di oltre 180 km di itinerari.

Di seguito si riportano alcuni esempi di interrogazione del gestionale:

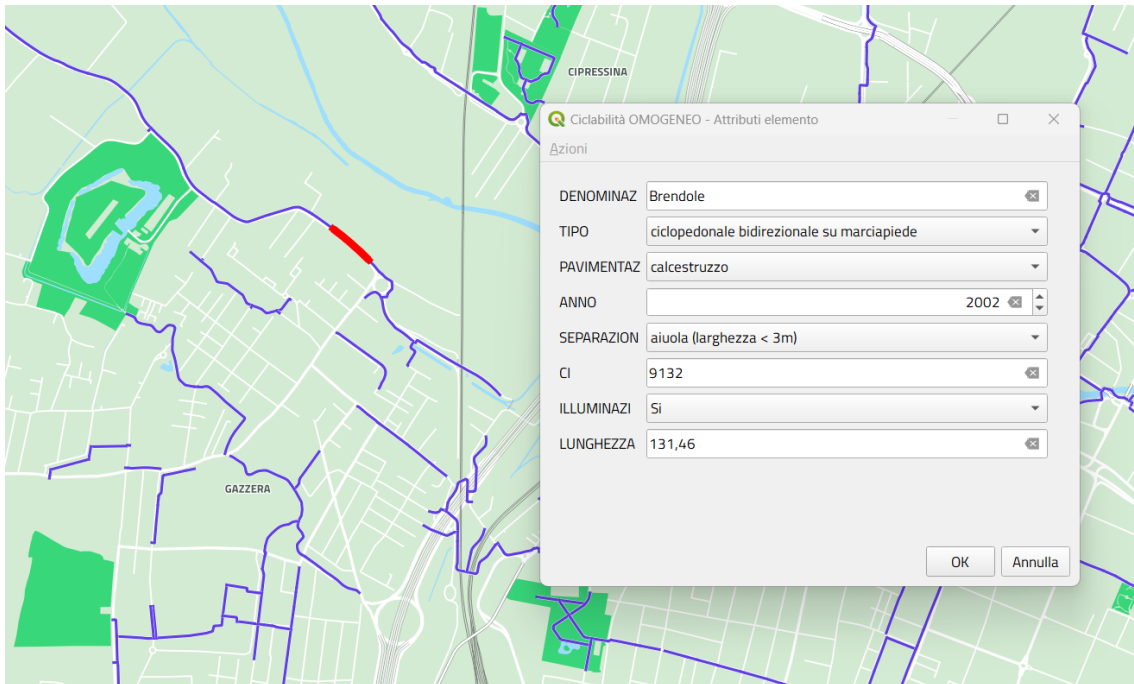


Figura 23 | Esempio di interrogazione del gestionale nell'itinerario di via Brendole

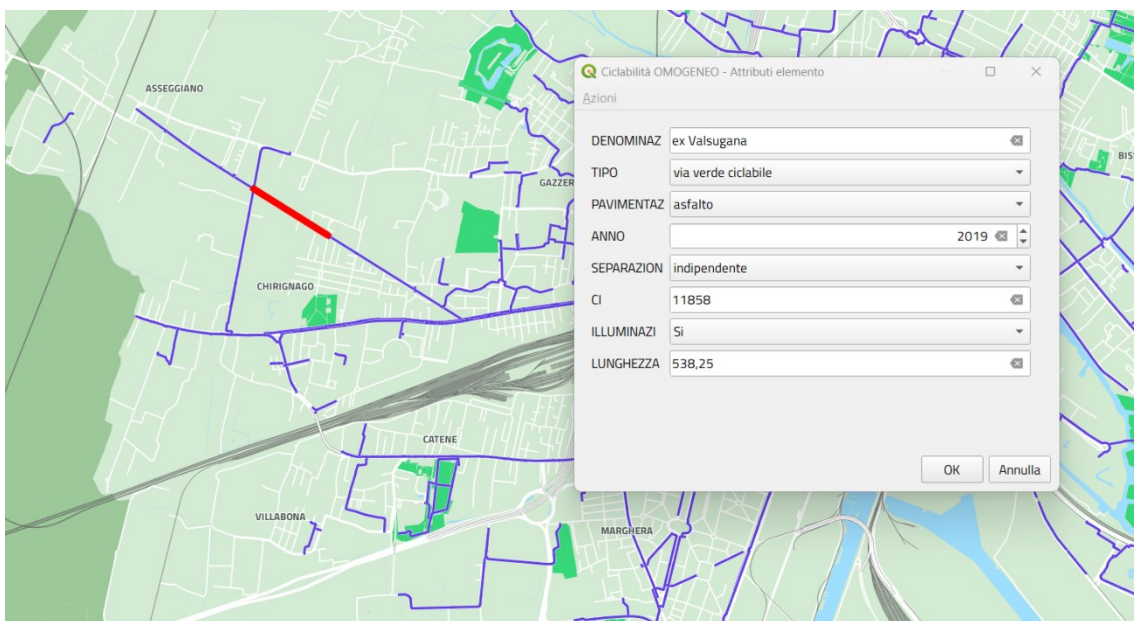


Figura 24 | Esempio di interrogazione del gestionale nell'itinerario dell'ex Valsugana

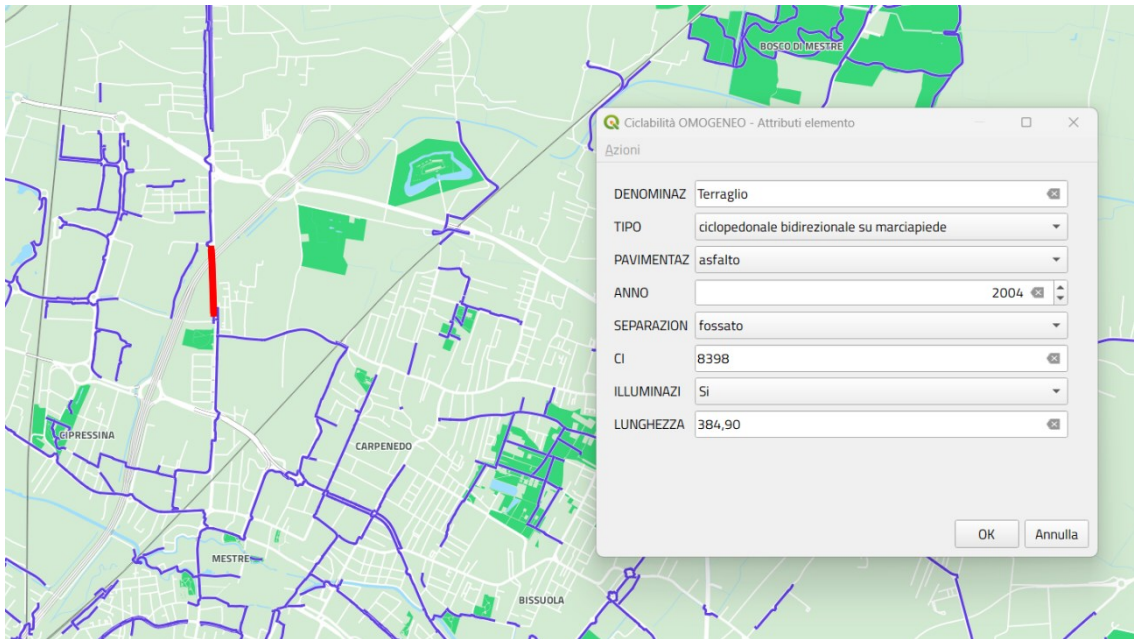


Figura 25 | Esempio di interrogazione del gestionale nell'itinerario di via Terraglio

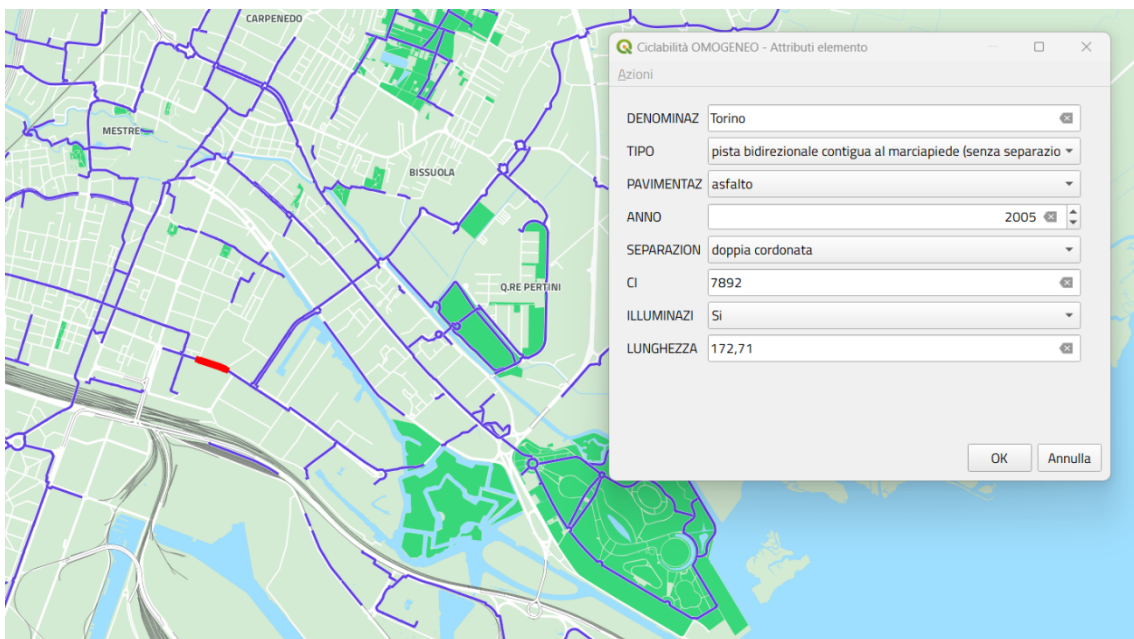


Figura 26 | Esempio di interrogazione del gestionale nell'itinerario di via Torino

A partire dai dati spaziali contenuti nel gestionale è anche possibile ricavare mappe che rappresentino una singola caratteristica dell'infrastruttura o combinazioni di esse, utili sia per analizzare la rete che per divulgarne le qualità. Di seguito alcuni esempi:

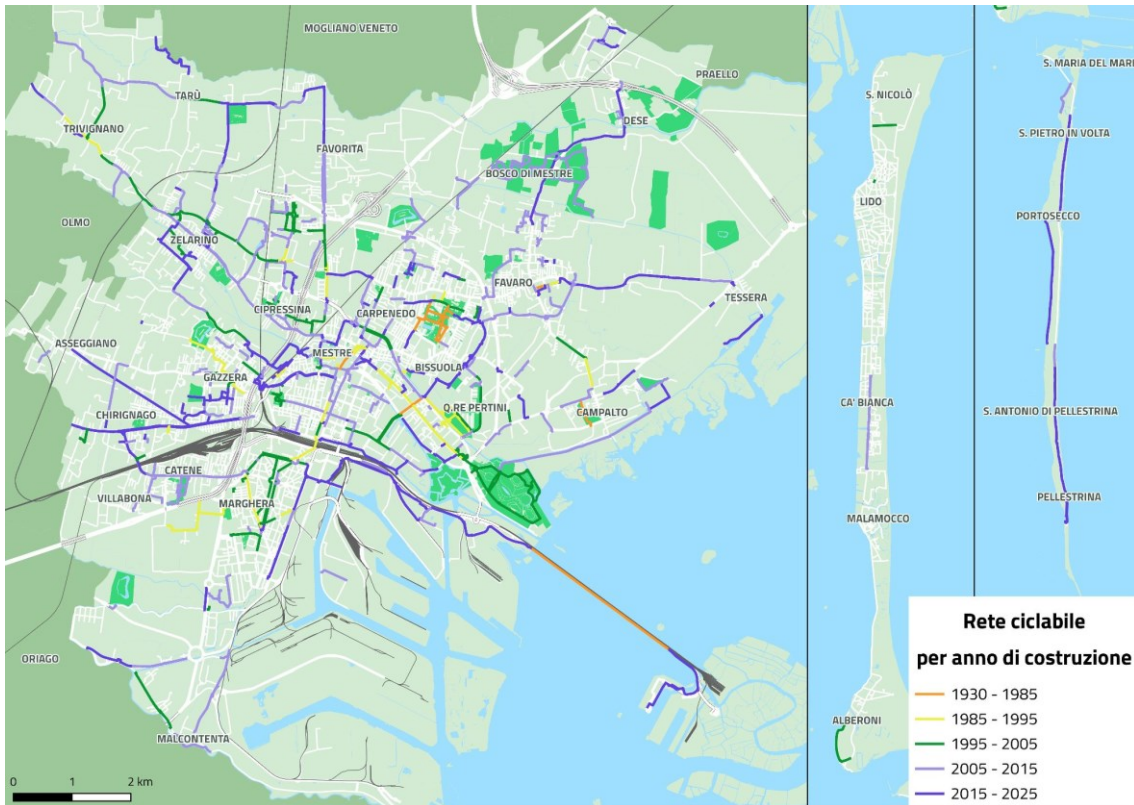


Figura 27 | Mappa della rete ciclabile catalogata per anno di realizzazione

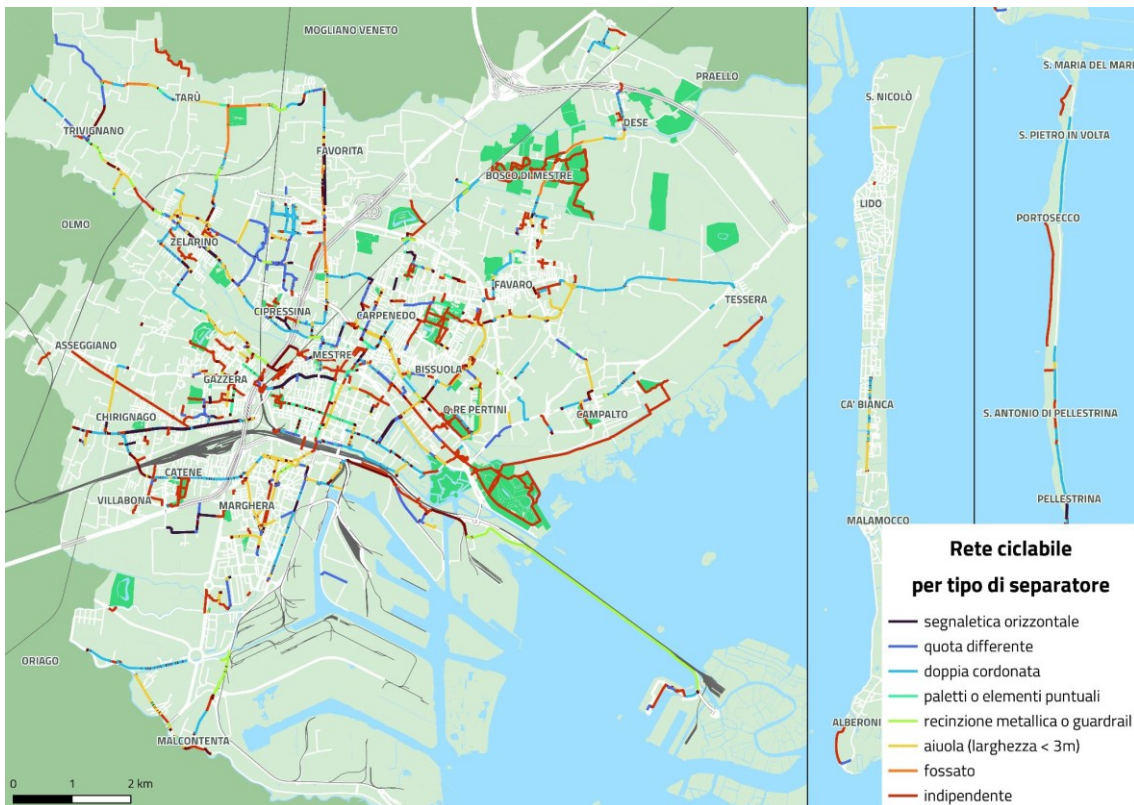


Figura 28 | Mappa della rete ciclabile catalogata per tipo di separazione dalla strada

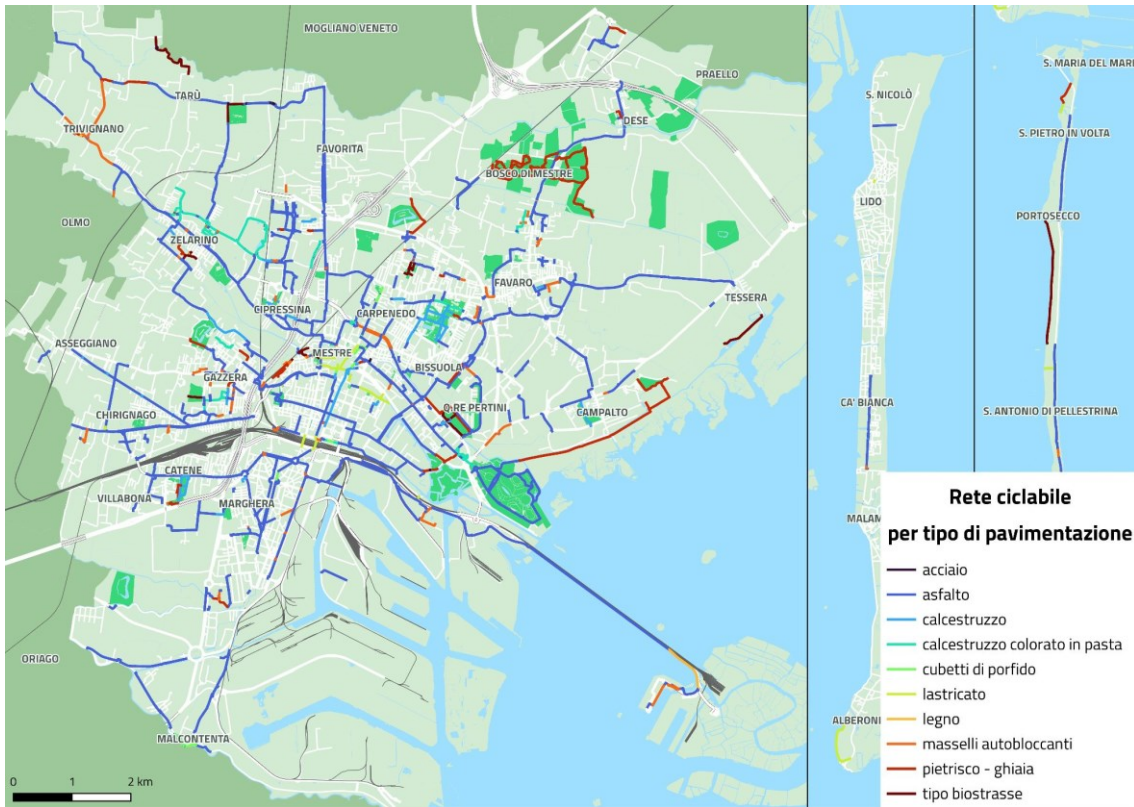


Figura 29 | Mappa della rete ciclabile catalogata per tipo di pavimentazione

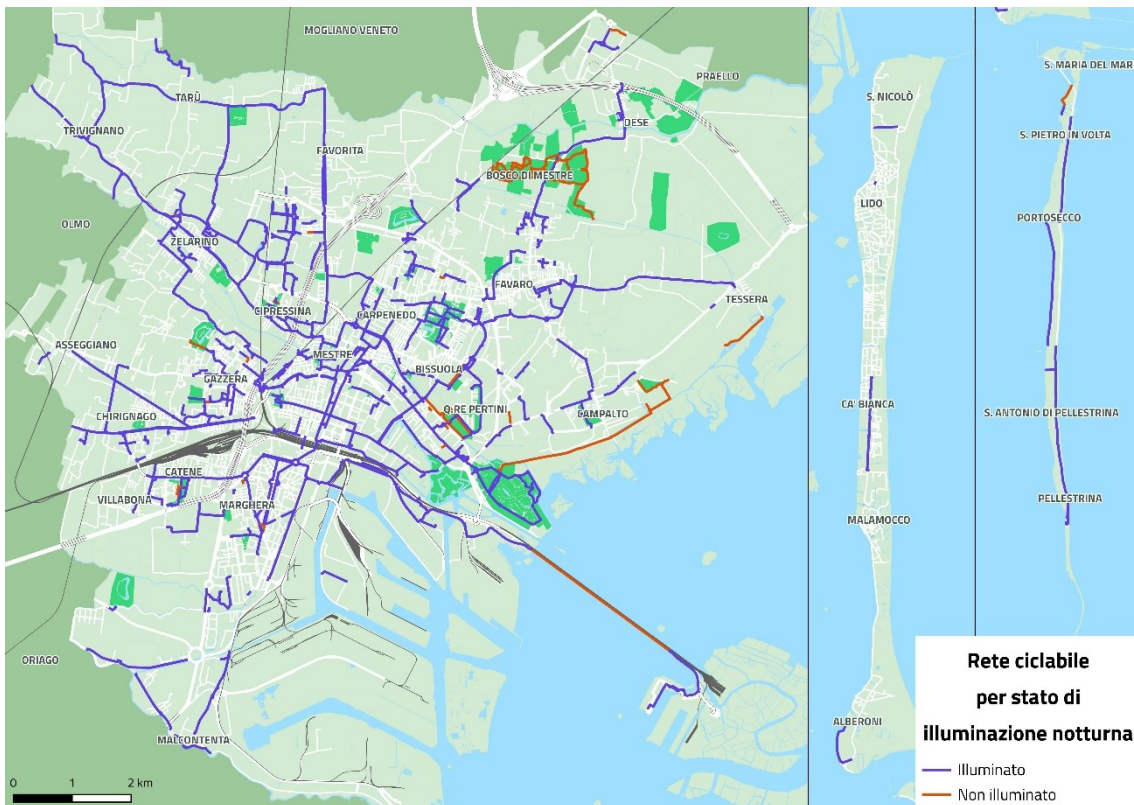


Figura 30 | Mappa della rete ciclabile catalogata per stato di illuminazione notturna

8 Analisi delle criticità e delle potenzialità

In questo capitolo si eseguiranno alcune analisi geografiche e modellistiche sulla mobilità ciclistica e le infrastrutture ciclabili nel comune di Venezia, tramite l'impiego di QGIS, un software in grado di visualizzare, organizzare, analizzare e rappresentare dati spaziali, e PTV Visum, un software di modellazione della domanda di mobilità.

Per le analisi contenute in questo capitolo, sono state considerate come parte della rete ciclabile le piste ciclabili mono e bi direzionali, i percorsi promiscui con pedoni, le corsie ciclabili e le aree pedonali.

In alcuni casi verranno ipotizzati possibili interventi migliorativi, senza la pretesa di essere esaustivi né tantomeno voler essere polemici verso le politiche per la mobilità attiva attuate fino ad oggi dall'Ente, che sono anzi sempre più spesso considerate un esempio virtuoso di buone pratiche a livello nazionale.

8.1 Analisi della popolazione servita dalla rete ciclabile

Per analizzare la popolazione servita dalla rete ciclabile si volevano mettere in sinergia due dati disponibili a livello comunale, ovvero la mappatura GIS dei numeri civici (tramite l'Ufficio Ecografico e Toponomastica) e la popolazione residente suddivisa per numero civico (tramite l'Ufficio Anagrafe). In questo modo si sarebbe potuta avere una mappatura ad alta precisione della popolazione residente nel comune e analizzare la sua distribuzione in relazione alla rete ciclabile.

Per problemi legati alla tutela della privacy, l'Ufficio Anagrafe non ha potuto condividere con noi il dato richiesto e ci si è dovuti accontentare di un'analisi più approssimativa. Si è partiti dalle basi territoriali ISTAT delle sezioni di censimento (3835 sezioni) e dai dati provvisori della popolazione censita nel 2021. Poi, dal file spaziale degli edifici del Veneto disponibile nel

geoportale regionale, circoscrivendo l'analisi al territorio comunale di Venezia (67117 elementi), si sono selezionati i soli edifici ad uso residenziale (31455 elementi). Per la distribuzione della popolazione tra i singoli edifici, non avendo a disposizione il numero di unità immobiliari contenute in ciascun edificio, né il numero di piani di ogni immobile, si è deciso di considerare l'area, dato deducibile dalle geometrie georeferenziate degli edifici contenuti nel file.

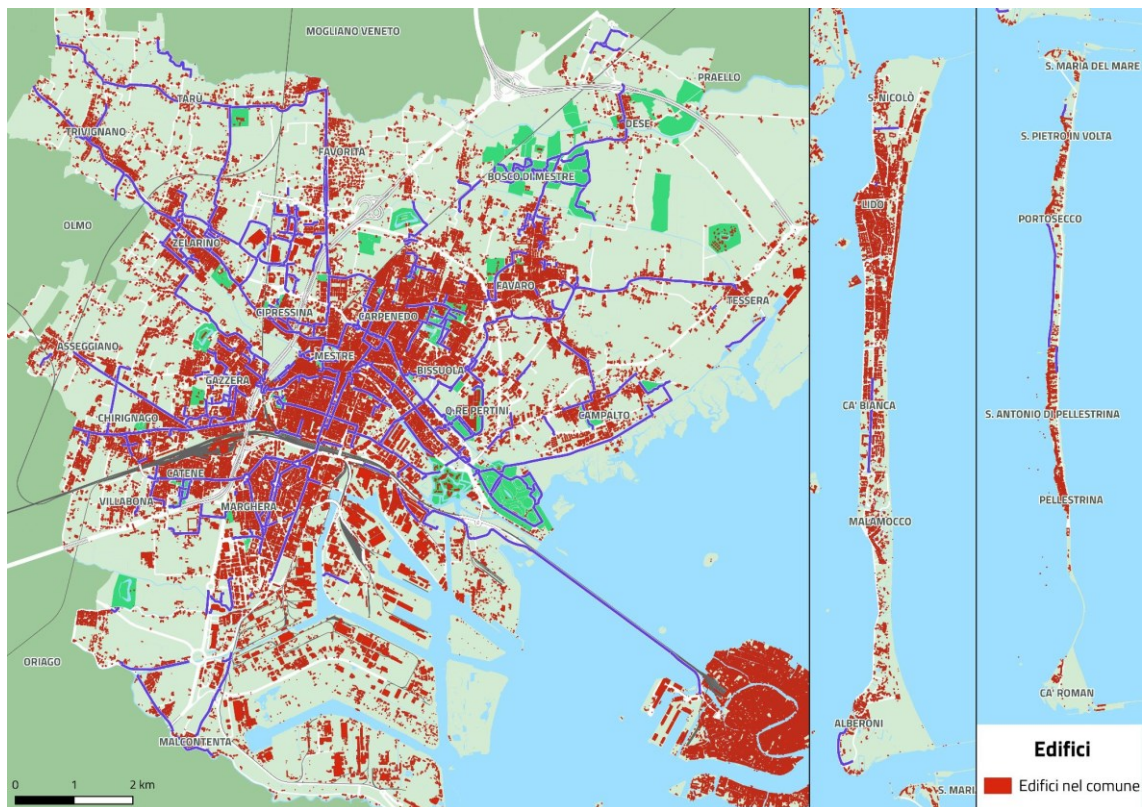


Figura 31 | Mappa degli edifici del Comune di Venezia

La popolazione di ciascuna sezione di censimento è stata quindi distribuita sugli edifici ricadenti in tale sezione pesandola sulla base della superficie di ciascun immobile. In alcune sezioni di censimento, dotate di popolazione, non sono presenti edifici ad uso residenziale, ciò significa che tali abitanti risiedono in edifici la cui funzione prevalente è diversa da quella residenziale. Per queste sezioni, non potendo determinare in quale degli edifici della sezione

siamo presenti residenti, si è scelto di collocare la popolazione in un centroide baricentrico alla sezione.

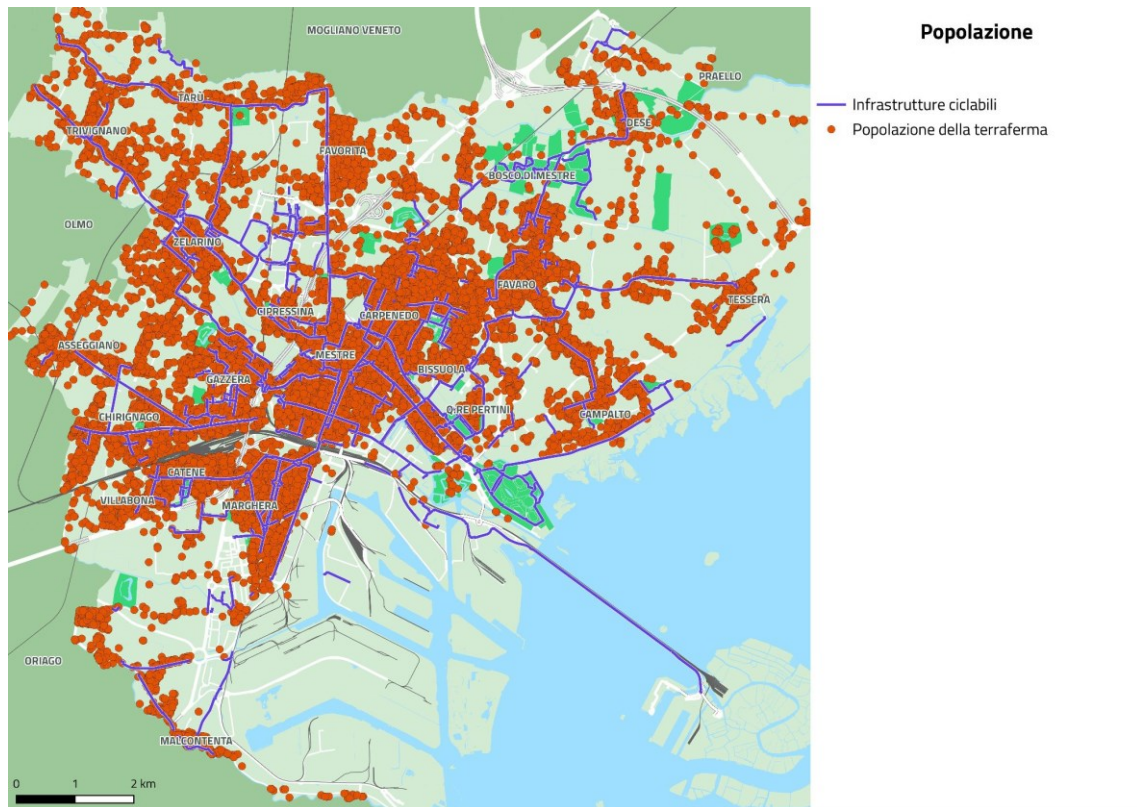


Figura 32 | Mappa della popolazione residente in terraferma

Come già illustrato nel capitolo dedicato alla qualità nelle infrastrutture di trasporto, per garantire la coerenza di una rete ciclabile in ambito urbano, è necessario che la distanza tra due percorsi paralleli sia tra i 300 e i 500 metri, pertanto, per le nostre analisi, si è scelto di considerare una distanza intermedia di 400 metri.

Per ogni tratto di infrastruttura ciclabile è stato quindi definito un buffer di 200 metri su ciascun lato, per analizzare l'accessibilità della rete ciclabile, ovvero quanta parte della popolazione della terraferma veneziana è servita da un'infrastruttura ciclabile a meno di 200 metri dalla propria abitazione.

Gli abitanti della terraferma sono 177.325. Gli abitanti che risiedono a più di 200 metri da un percorso ciclabile sono 22.952, ovvero il 12,94% del totale. Le aree abitate meno servite sono

quelle di Ca' Sabbioni e Villabona a sud, la zona di via Oriago, via Ghetto e via dei Profeti a Chirignago, la parte di Asseggiano oltre la Linea dei Bivi e il quartiere della Dosa lungo via Martiri di Marzabotto ad ovest, Borgoforte, Pra' Secco, l'area di Carpenedo situata tra via Vallon, via Trezzo e la ferrovia Venezia - Trieste, l'area della Bissuola tra il Parco Abanese e l'asse di via Tina Anselmi, il cuore di Favaro Veneto, Tessera e Ca' Noghera a nord. Per quanto riguarda il centro di Mestre, la situazione è molto positiva, risultano meno servite soltanto l'area di via Monte Grappa del Piraghetto, che è comunque situata in una zona 30, e l'area di Corso del Popolo.

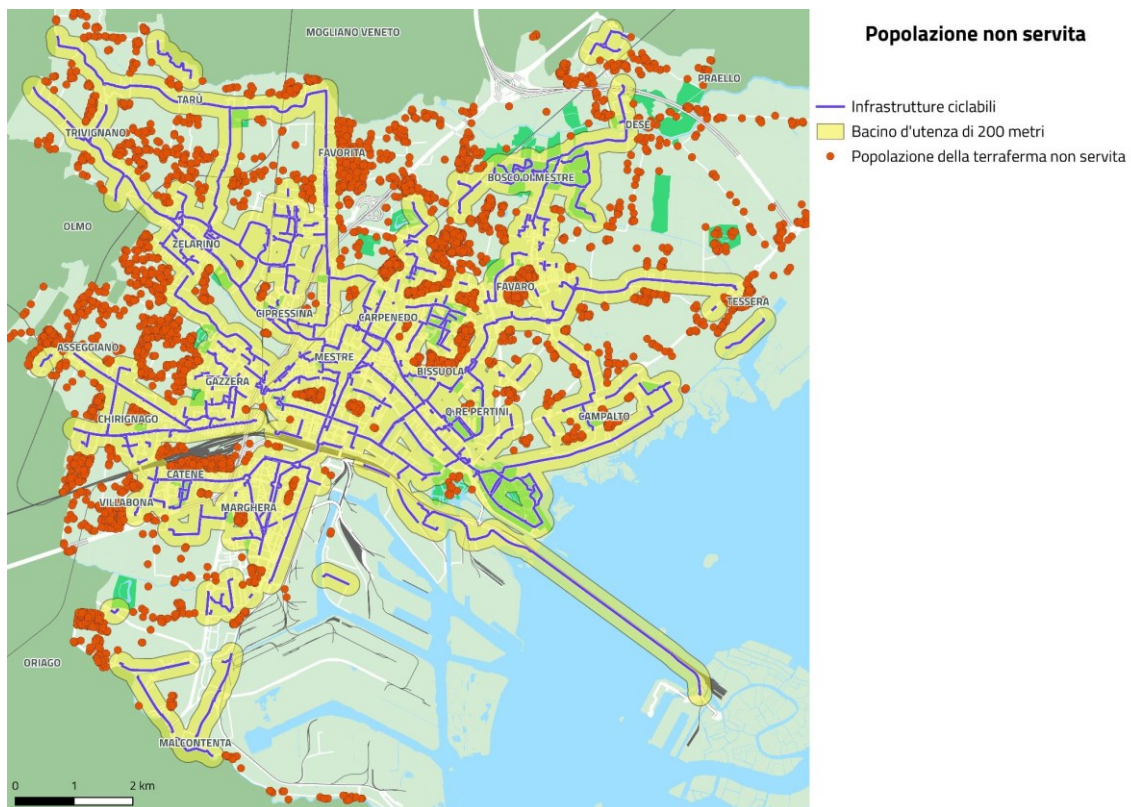


Figura 33 | Mappa della popolazione non servita dalla rete ciclabile

8.2 Analisi della popolazione servita dal trasporto pubblico

Tra gli obiettivi da perseguire nella redazione di un Biciplan, secondo le indicazioni contenute nelle linee guida ministeriali [17], vi è anche quello di favorire l'integrazione della mobilità ciclistica con i servizi di trasporto pubblico urbano ed extraurbano.

In quest'ottica la bicicletta diventa il mezzo di primo e ultimo miglio che permette di raggiungere in modalità completamente sostenibili località anche molto distanti, combinando la bicicletta, privata o condivisa, con autobus e treni, favorendo l'accessibilità a stazioni e fermate del TPL.

Un esempio può essere quello dei Paesi Bassi dove l'azienda che eroga il servizio ferroviario gestisce anche un esteso servizio di bike sharing che permette di spostarsi dalle stazioni ferroviarie verso qualsiasi destinazione del Paese, con prezzi per il noleggio giornaliero inferiori alla tariffa prevista per il trasporto bici a bordo dei treni, così da efficientare lo spazio a bordo dei mezzi senza limitare il diritto alla mobilità dei viaggiatori.

Come confermato dall'annuale rapporto *Ecosistema urbano* di Legambiente [29], anche nel 2023 Venezia si conferma ai primi posti per quanto riguarda il trasporto pubblico. Con 578 passeggeri per abitante è la prima città in Italia per numero di passeggeri e terza tra le grandi città italiane per quanto riguarda l'offerta di trasporto pubblico, con 58 vetture-km per abitante, dopo Milano e Roma.

Per analizzare la popolazione ad oggi servita dal trasporto pubblico, si sono utilizzati i dati pubblici che ACTV, l'azienda municipalizzata che gestisce il trasporto pubblico a Venezia, mette a disposizione online per i servizi GTFS (*General Transit Feed Specification*) e che utilizza anche Google per mostrare sulle sue mappe le corse del trasporto pubblico disponibili in ogni momento, con relativi orari e percorsi [30].

Si sono elaborati tali dati per ottenere la frequenza di passaggio degli autobus ad ogni fermata ACTV. Le fermate sono state collocate geospazialmente in un software GIS e ad ognuna di esse è stato associato un buffer di raggio variabile, proporzionale al numero di corse automobilistiche che servono la fermata nell'arco di una giornata tipo, ottenuta come media settimanale.

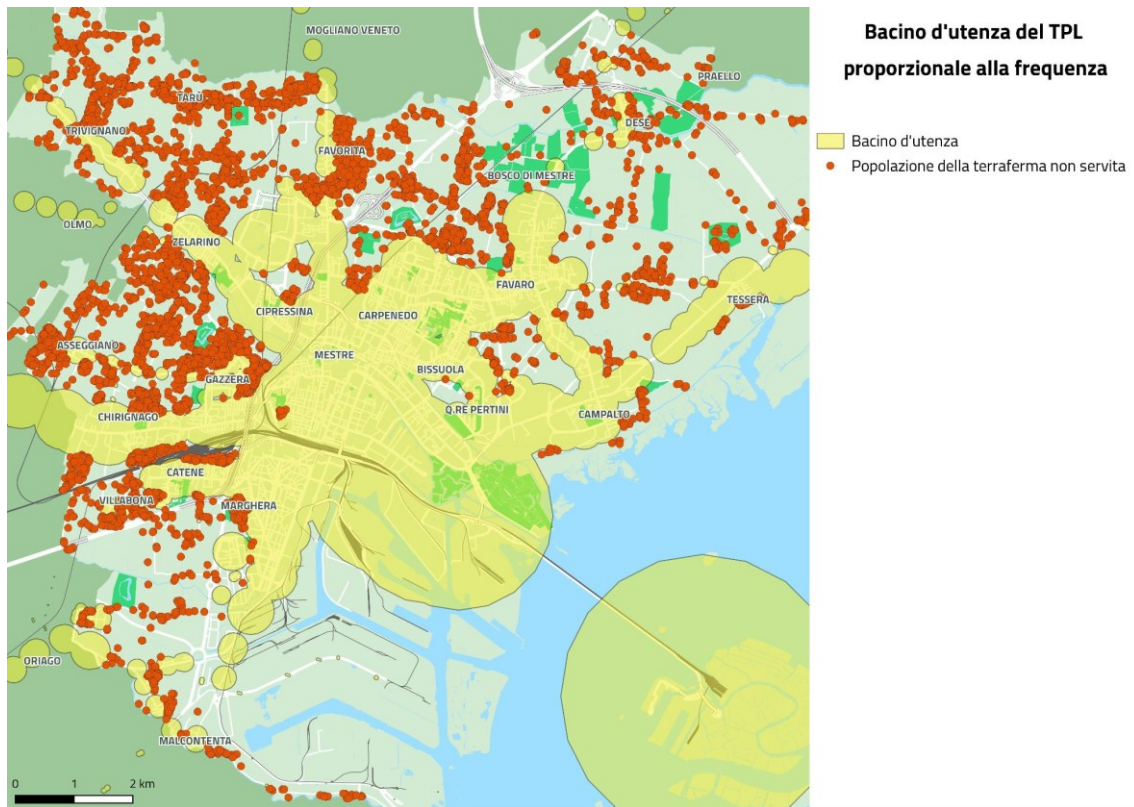


Figura 34 | Mappa del bacino d'utenza del TPL con buffer proporzionale alla frequenza

Si è poi voluto applicare anche un metodo più tradizionale, esposto nelle linee guida europee per i PUMS [10], che suggerisce l'utilizzo di un buffer fisso di 400 metri attorno alle fermate del servizio automobilistico e di 800 metri per le fermate del servizio ferroviario, senza tenere conto della frequenza del servizio.

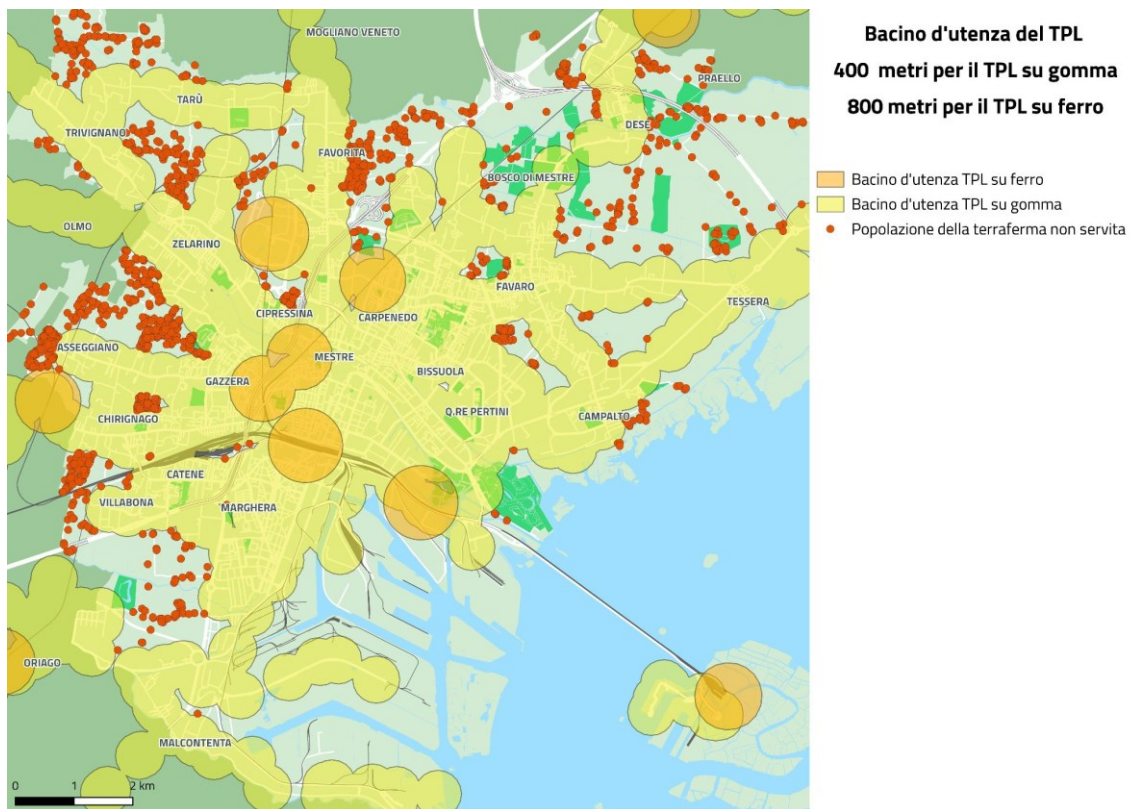


Figura 35 | Mappa del bacino d'utenza del TPL con buffer fisso

Questo tipo di analisi può essere utile anche per il governo del territorio, dato lo stretto legame tra dispersione insediativa e domanda di mobilità, per sviluppare insediamenti orientati al trasporto pubblico (TOD - Transit Oriented Development [31]) e fare in modo che i cittadini non abbiano bisogno dell'auto privata per i loro spostamenti quotidiani. Tale approccio è suggerito anche nel *Piano Strategico Nazionale della Mobilità Sostenibile* [32].

Dalle due mappe precedenti si possono notare le aree popolate meno servite dal trasporto pubblico, ovvero le zone più periferiche del comune, nell'entroterra. Nell'analisi effettuata con il buffer proporzionale al numero di corse, la popolazione fuori dall'area d'influenza del TPL sarebbe di 25.938 unità su un totale di 177.325 residenti nella terraferma veneziana, ovvero il 14,63%. Nel caso del buffer di 400 metri attorno alle fermate del TPL su gomma e 800 metri da quelle del TPL su ferro, la popolazione fuori dal bacino d'utenza sarebbe di 6.198 abitanti, ovvero il 3,50% della popolazione. Ovviamente il trasporto pubblico non può arrivare ovunque,

per esigenze di sostenibilità economica, e non può fermarsi di fronte ad ogni abitazione, perché i tempi di viaggio si allungerebbero a tal punto da compromettere l'utilità del servizio per la collettività. È necessario che la frequenza delle fermate sia commisurata alla densità insediativa. Come dimostrano queste analisi e i dati nazionali precedentemente illustrati, il comune di Venezia gode già di un servizio di trasporto pubblico tra i più capillari del Paese. Dove il trasporto pubblico non arriva è necessario che vi siano adeguate infrastrutture ciclabili che permettano di raggiungere facilmente le fermate più vicine in sicurezza.

Il PUMS prevede che proprio queste zone periferiche siano attraversate da 5 linee di servizi BRT (*Bus Rapid Transit*) radiali che si dipartono dall'area urbana per arrivare all'aeroporto Marco Polo, a Treviso, a Padova, a Scorzè e a Mirano. A questi assi forti del TPL e in particolare alle relative fermate dovranno puntare le ciclabili pensate per queste aree periferiche. È auspicabile che tali fermate siano dotate di ciclostalli coperti e sicuri dove lasciare la bicicletta per proseguire il viaggio col TPL, favorendo l'intermodalità sostenibile.

Sovrapponendo questa analisi sulla popolazione servita dal TPL alla precedente sulla popolazione servita dalle ciclabili si osserva che in alcuni casi le aree non servite dal TPL coincidono con quelle non servite dalle ciclabili. Ritroviamo infatti l'area di via Oriago, via Ghetto e via dei Profeti a Chirignago, la parte di Asseggiano oltre la Linea dei Bivi e il quartiere della Dosa lungo via Martiri di Marzabotto, 3 aree con ciascuna oltre 500 residenti non serviti. Occorrerà mantenere un occhio di riguardo per queste aree nelle future scelte di sviluppo della rete ciclabile.

8.3 Analisi dell'accessibilità ai principali poli attrattori

Come evidenziato anche dalle *Linee guida per la redazione e attuazione dei Biciplan* [17] è necessario garantire il principio di accessibilità territoriale anche per quanto concerne la mobilità ciclistica. A tal fine si sono mappate stazioni ferroviarie attuali e in realizzazione,

scuole, sedi universitarie, impianti sportivi, piscine, palasport, l'ospedale, l'aeroporto, parcheggi d'interscambio, Bicipark e poli turistici come M9 il museo del '900 e i forti.

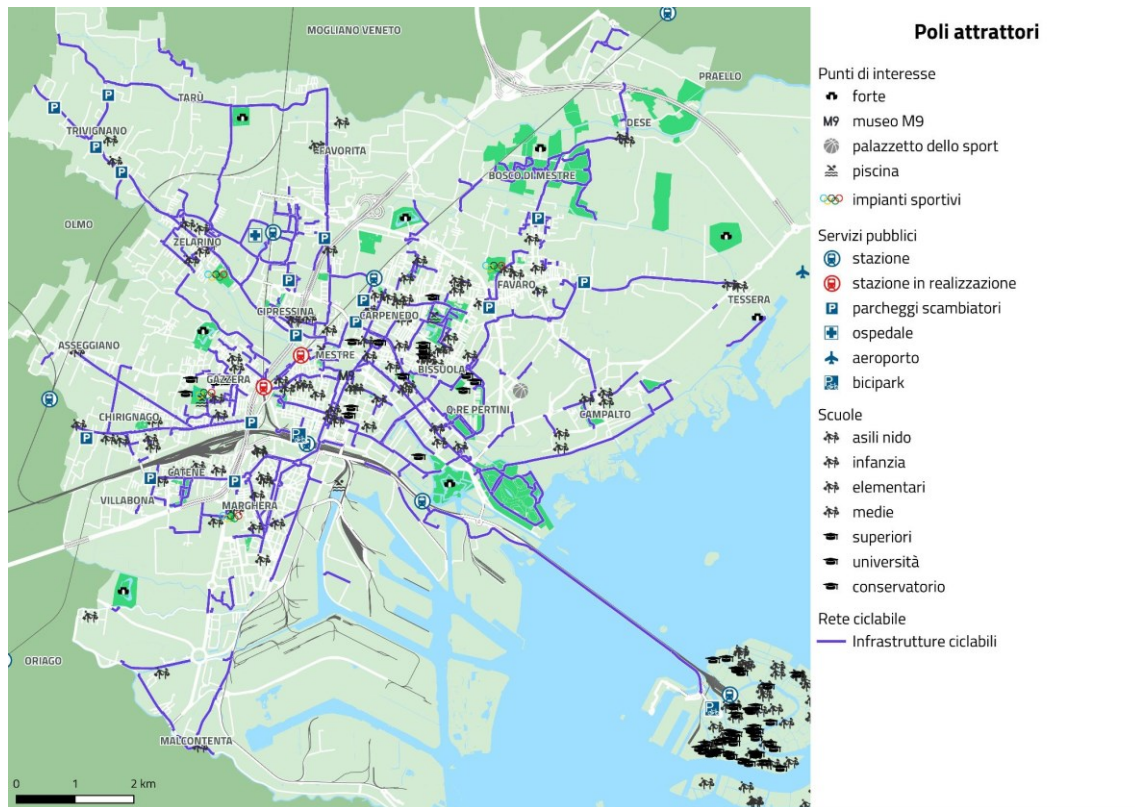


Figura 36 | Mappa dei poli attrattori della terraferma veneziana

Nonostante gli sforzi effettuati negli ultimi anni per connettere la stazione di Mestre e il Bicipark alla rete ciclabile cittadina, Viale stazione risulta ancora un nodo irrisolto importante. La stazione di Porto Marghera è connessa alla rete in direzione Venezia, ma è carente in direzione Mestre e Marghera. Per entrambe le destinazioni il Comune sta intervenendo con opere già in cantiere o in corso di progettazione. In particolare il collegamento con Marghera permetterà di raggiungere anche la nuova piscina comunale di via delle Macchine. Tra le stazioni possiamo menzionare anche il collegamento mancante tra Dese e Gaggio Porta Est. Le altre stazioni sembrano ben integrate nella rete.

Per quanto riguarda scuole e università, l'area tra via Bissuola e via Tevere, che racchiude un gran numero di istituti scolastici, risulta priva di connessioni con le aree circostanti. Un altro

punto critico per Mestre centro è Corso del Popolo, su cui si affacciano due licei. A Carpenedo la secondaria di primo grado Bellini risulta isolata dalla rete, come pure gli istituti di via Cima d'Asta e via Goretti, dove però il Comune sta già intervenendo per colmare tale mancanza. Fuori dall'area urbana risalta invece la scuola di Ca' Sabbioni, isolata dalla rete come tutto il relativo centro abitato.

Per quanto riguarda impianti sportivi, piscine e palasport, si hanno gli impianti sportivi di Marghera, fiancheggiati da un'infrastruttura ciclabile ad ovest, disconnessa però dal resto della rete. Qui si potrebbe valutare l'introduzione di un percorso in sicurezza lungo via della Fonte. Stessa cosa si può dire per gli impianti di via Monte Cervino a Favaro Veneto, situati lungo un tratto di percorso ciclabile isolato sia a nord, dove manca il collegamento con l'itinerario di via Altinia, sia a sud verso via Tina Anselmi e Parco Albanese. Per quanto riguarda il collegamento verso sud il Comune sta già intervenendo per connettere i tratti interessati. Gli impianti natatori sembrano avere tutti buoni collegamenti o li avranno nel prossimo futuro come già detto per le piscine di Marghera. Il palasport Taliercio risulta invece l'impianto sportivo più isolato della terraferma veneziana dal punto di vista della mobilità ciclistica. Qui sembra indispensabile un collegamento verso nord-ovest, lungo via Porto di Cavergnago verso la popolosa Bissuola. Altri possibili collegamenti possono essere lungo la tranquilla via Mandricardo, verso via Gobbi e Favaro, e verso ovest, nel verde, verso i quartieri Pertini e San Marco o con un sottopasso ciclopedonale su via Martiri della Libertà, ad esempio all'altezza di via della Crusca, o staccandosi da via Porto di Cavergnago poco più a nord, appena superata l'intersezione semaforizzata con via Martiri della Libertà. Infine verso sud, già le opere di urbanizzazione di Veritas prevedono un collegamento ciclabile con via Orlanda, qui un nuovo breve tratto lungo la SS14 permetterebbe di connettersi con il percorso che conduce verso Villaggio Laguna.

L'ospedale dell'Angelo risulta già ben connesso alla rete ciclabile. Per quanto riguarda l'aeroporto, il Comune ha in progetto un collegamento ciclopedonale Tessera - Ca' Noghera

che toccherebbe quindi lo scalo. I parcheggi scambiatori non sembrano evidenziare particolari mancanze di collegamento rispetto a quelle già evidenziate per altri poli attrattivi della stessa zona.

Infine per quanto riguarda i forti di Mestre, si tratta di percorsi ricreativi che non presentano quindi la stessa urgenza dei collegamenti utili alla mobilità quotidiana. Tuttavia, l'esperienza della bicicletta come mezzo per attività ricreative può aiutare a riscoprirne l'utilizzo anche per gli spostamenti sistematici. Da anni nella terraferma veneziana ha preso piede un itinerario denominato il *Giro dei forti del campo trincerato di Mestre*, che coinvolge tutte le principali strutture difensive erette nella terraferma tra il XIX e l'inizio del XX secolo. È importante che i percorsi ricreativi si snodino lontano dal rumore, dall'inquinamento e dai rischi della rete strada, preferibilmente lungo infrastrutture lineari esistenti come ferrovie, argini di canali e fiumi e strade dismesse. In quest'ottica gli argini del Canale Bazzera sembrano presentare ottime caratteristiche per un itinerario che metta in connessione il Forte Bazzera, con il Rossarol, il Cosenz e il Carpenedo, costeggiando per l'ultimo tratto la ferrovia Venezia - Trieste fino al sottopasso esistente in via Vallon o utilizzando il sottopasso di via Ca' Solaro per poi tornare lungo il Canale Bazzera o riutilizzare il sedime della Linea dei Bivi dismessa. Il Forte Bazzera potrebbe essere circondato da un anello ciclabile, utile anche a mettere in connessione i tratti di percorsi circostanti ora interrotti. Infine la ciclovia delle Barene avrebbe bisogno del completamento tra il Bosco di Campalto e l'impianto idrovolante di Tessera per completare il collegamento con il Forte Marghera.

I nuovi itinerari previsti dall'Ente lungo gli argini fluviali del Marzenego e del Dese e il prolungamento verso la Treviso - Ostiglia della via verde dell'ex ferrovia Valsugana non possono far altro che migliorare ancor più l'offerta cicloturistica della città, facilitando l'arrivo di turisti direttamente in bicicletta.

8.4 Analisi dell'incidentalità

Pedoni e ciclisti rappresentano più del 50% delle vittime di incidenti stradali nell'Unione Europea [33]. In Italia nel 2022 il 73,4% degli incidenti stradali è avvenuto su strade urbane [34]. Risulta quindi indispensabile un'analisi puntuale dei dati sull'incidentalità, a maggior ragione nelle aree urbane e in riferimento alla mobilità attiva, per poter capire il fenomeno e mettere in atto strategie adeguate per contrastarlo.

Si sono analizzati i dati ISTAT sull'incidentalità stradale nel Comune di Venezia degli anni dal 2013 al 2017, in riferimento a quegli eventi incidentali nei quali sia coinvolta una bicicletta, ovvero 606 casi.

Innanzitutto sono stati ricollocati spazialmente quegli eventi incidentali che, dalle coordinate geografiche, risultavano ricadere al di fuori dei confini comunali, basandosi sulle informazioni descrittive presenti nel campo *strada*.

Nel periodo di studio si sono verificati nel territorio comunale 7 incidenti con conseguenze mortali per il ciclista, 580 eventi che hanno portato al ferimento di almeno un ciclista e 37 incidenti dai quali i ciclisti sono usciti incolumi.

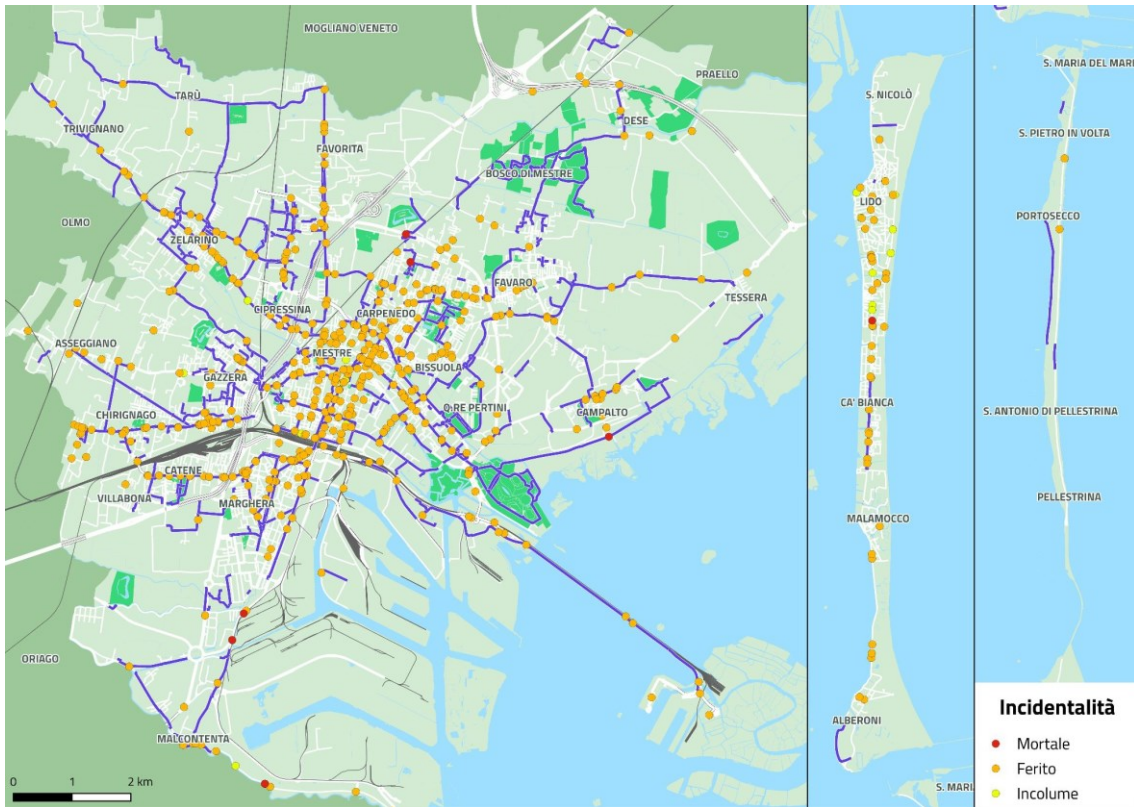


Figura 37 | Mappa dell'incidentalità nel Comune di Venezia

Si analizzano di seguito i 7 incidenti con esito mortale:

Data	Localizzazione	Dinamica	Vittima
04.06.2014 ore 12:00	via San Gallo, 132, Lido	Un autocarro che non stava mantenendo la destra si scontra frontalmente con una bicicletta che si stava immettendo nella circolazione	57-enne, maschio
03.10.2014 ore 12:10	Intersezione via Padana - via Malcontenta	Un trattore stradale impatta lateralmente con una bicicletta che procedeva con guida distratta	69-enne, femmina
01.04.2015 ore 18:30	via Padana, km 415	Un autocarro in eccesso di velocità tampona in curva una bicicletta che procedeva regolarmente	79-enne, maschio
25.10.2015 ore 11:45	viale Don Luigi Sturzo, 9	Un'auto impatta frontalmente con una bicicletta che procedeva con guida distratta	86-enne, maschio
26.02.2017 ore 21:35	via Martiri della Libertà, km 4,2	Un'auto impatta lateralmente con una bicicletta	89-enne, maschio
10.04.2017 ore 12:00	via Passo Campalto, 118	Improvviso malore, nessun altro veicolo coinvolto	92-enne, maschio
23.06.2017 ore 9:30	via Moranzani all'ingresso dell'area SNAM	Un'auto investe una bicicletta che procedeva contromano per un malore	85-enne, maschio

Tabella 4 | Elenco degli incidenti stradali mortali avvenuti nel territorio comunale di Venezia avvenuti tra il 2013 e il 2017

Si sceglie di escludere l'evento di via Passo Campalto in quanto la causa non è da imputare né all'infrastruttura né al comportamento alla guida dell'utente.

Dei 5 incidenti risultati fatali per i ciclisti avvenuti in terraferma nel periodo di studio, 4 sono avvenuti su strade extraurbane con limite di velocità di 90 km/h, non dotate di alcun tipo di infrastruttura ciclabile e non riservate ad uso esclusivo dei veicoli a motore.

In particolare, 2 di questi eventi fatali, sono situati nella municipalità di Marghera, su una strada indispensabile per la mobilità ciclistica in quanto non sono presenti itinerari alternativi: via Padana (SR 11 - Padana Superiore), nel tratto tra l'intersezione con via Malcontenta e via

Cutro, è l'unico percorso possibile tra Malcontenta e la città. A testimonianza della difficoltà di utilizzo di questo tratto di via Padana da parte degli utenti in bicicletta, vi è anche un caso di scontro auto-bicicletta in cui la bicicletta stava procedendo contromano, forse per evitare di dover attraversare una strada così pericolosa. Una soluzione potrebbe essere la costruzione di un tratto di pista ciclopedonale in sede propria che connetta la pista esistente in via Malcontenta con via dell'Avena, attraversando via Padana o con un sottopasso o, in alternativa, con un semaforo a chiamata in corrispondenza dell'attuale intersezione semaforizzata tra via Padana e via Malcontenta.

L'evento avvenuto in via Moranzani si trova in un tratto sconsigliato alle biciclette, tant'è vero che i cartelli indicanti l'itinerario ciclabile della Riviera del Brenta lungo il Naviglio del Brenta da Stra a Fusina suggeriscono per questo tratto una strada più tranquilla collocata sull'altra sponda del canale.

Nel caso di via Martiri della Libertà, una strada regionale extraurbana a scorrimento veloce a carreggiate separate con 2 corsie per senso di marcia che rappresenta la circonvallazione nord ed est dell'area urbana di Mestre, si suggerisce l'introduzione di un divieto di circolazione per i velocipedi, date le velocità elevate, la geometria stradale senza corsie d'emergenza né banchina laterale, la mole di traffico e l'uso prevalente come strada di adduzione alla A57 - Tangenziale di Mestre.

L'ultimo evento mortale della terraferma è avvenuto su viale Don Luigi Sturzo, una strada urbana rettilinea con attraversamenti pedonali rialzati che in quel tratto non è dotata di infrastrutture ciclabili. La larghezza non può essere diminuita per indurre l'automobilista a rallentare, in quanto la via è percorsa dagli autosnodati del trasporto pubblico, ma è possibile introdurre corsie ciclabili valicabili per far meglio percepire all'automobilista la presenza delle biciclette o trasformare la strada in *E-bis - strada urbana ciclabile*. In circostanze analoghe si potrebbero valutare i cuscini berlinesi, che rallentano le auto senza intralciare bici, trasporto pubblico e ambulanze, ma occorre prima una valutazione dell'effettiva velocità delle auto in

quel tratto, per evitare misure eccessive che potrebbero essere percepite come vessatorie dagli automobilisti.

Infine l'ultimo caso riguarda una bici e un autocarro al Lido sulla strada dorsale dell'isola, dove non è possibile vietare il transito ai mezzi pesanti per l'assenza di alternative. Qui, trattandosi della strada principale del Lido si potrebbe valutare un percorso ciclabile esclusivo in sede protetta o due corsie ciclabili in carreggiata.

Considerando tutti gli eventi incidentali che hanno coinvolto biciclette nel periodo di studio, suddividendoli geograficamente nelle più piccole aree sub-comunali a disposizione, ovvero i vecchi quartieri, possiamo individuare le zone più problematiche:

	Popolazione	Incolumi	Feriti	Incidenza	Morti	Incidenza	Totale ciclisti coinvolti	Incidenza	Totale incidenti	
Terraferma	Mestre Centro	47887	12	195	0,0041	0	0,000000	207	0,00432	200
	Carpenedo- Bissuola	38092	0	88	0,0023	2	0,000053	90	0,00236	89
	Favaro Veneto- Campalto	23288	1	46	0,0020	1	0,000043	48	0,00206	47
	Cipressina- Zelarino- Trivignano	14684	1	44	0,0030	0	0,000000	45	0,00306	45
	Chirignago- Gazzera	23274	2	67	0,0029	0	0,000000	69	0,00296	67
	Marghera- Catene- Malcontenta	27531	10	98	0,0036	3	0,000109	111	0,00403	100
Isole	Dorsoduro- San Polo- Santa Croce- Giudecca- Sacca Fisola	23102	0	3	0,0001	0	0,000000	3	0,00013	3
	San Marco- Castello- Sant'Elena- Cannaregio	34347	0	3	0,0001	0	0,000000	3	0,00009	3
	Murano- Sant'Erasmo	5255	0	0	0,0000	0	0,000000	0	0,00000	0
	Burano- Mazzorbo- Torcello	2987	0	0	0,0000	0	0,000000	0	0,00000	0
	Lido- Malamocco- Alberoni	16879	12	42	0,0025	1	0,000059	55	0,00326	50
	Pellestrina- San Pietro in Volta	4036	0	2	0,0005	0	0,000000	2	0,00050	2
TOTALE	261362	38	588	0,0022	7	0,000027	633	0,00242	606	
Quartieri motorizzati	195671	38	582	0,0030	7	0,000036	627	0,00320	600	

Tabella 5 | Quadro sinottico dell'incidentalità nel territorio comunale di Venezia tra il 2013 e il 2017

Considerata la particolare conformazione del Comune di Venezia, con alcuni quartieri lagunari completamente inaccessibili alle auto, per rendere più attendibile l'incidenza dell'incidentalità sulla popolazione a livello comunale è stata creata una riga specifica nella tabella, denominata *quartieri motorizzati*, che raccoglie i dati, oltre che di tutti i quartieri di terraferma, solo di Lido e Pellestrina per le isole.

Nella tabella sono stati evidenziati in grassetto i valori totali e per ciascun campo i valori che superano la media dei quartieri motorizzati. Per i ciclisti feriti e i totali si è scelto di basarsi sull'incidenza, per i morti, dato il numero fortunatamente limitato degli eventi, si è tenuto invece conto del numero assoluto, evidenziando i quartieri dove se ne sono verificati più d'uno.

Considerando gli incidenti avvenuti tra una bicicletta e un altro qualsiasi veicolo a motore (quindi escludendo gli incidenti che non hanno coinvolto altri veicoli, quelli che hanno coinvolto più di due veicoli e gli scontri tra sole bici) emerge che, su 494 casi, in 275 è il mancato rispetto del Codice della Strada da parte dell'automobilista ad aver causato l'incidente (il 55,67% dei casi), in 173 casi è il ciclista a non aver rispettato il Codice della Strada (35,02%), in 33 casi c'è un concorso di colpa (6,68%) e 13 casi sono avvenuti in circostanze imprecisate (2,63%).

Di seguito sono riportate le specifiche circostanze che nelle quali i sinistri si sono verificati:

CIRCOSTANZA	bicicletta	l'altro veicolo coinvolto
Procedeva regolarmente senza svoltare	254	160
Procedeva con guida distratta o andamento indeciso	58	59
Procedeva senza mantenere la distanza di sicurezza	5	22
Procedeva senza dare la precedenza al veicolo proveniente da destra	6	34
Procedeva senza rispettare lo stop	8	24
Procedeva senza rispettare il segnale di dare precedenza	19	52
Procedeva contromano	18	5
Procedeva senza rispettare le segnalazioni semaforiche o dell'agente	10	3

Procedeva senza rispettare i segnali di divieto di transito o accesso	8	2
Procedeva con eccesso di velocità	3	23
Svoltava a destra regolarmente	1	4
Svoltava a destra irregolarmente	2	8
Svoltava a sinistra regolarmente	4	3
Svoltava a sinistra irregolarmente	4	12
Sorpassava all'incrocio	0	4
Procedeva non in prossimità del margine destro della carreggiata	13	5
Sorpassava irregolarmente a destra	1	5
Sorpassava in curva, su dosso o con insufficiente visibilità	0	4
Manovrava in retrocessione o conversione	3	10
Manovrava per immettersi nel flusso della circolazione	39	19
Manovrava per svoltare a sinistra (passaggio privato, distributore)	7	12
Manovrava irregolarmente per fermarsi o sostare	0	5
Si affiancava ad altri veicoli a due ruote irregolarmente	0	3
Veicolo fermo in posizione regolare	14	1
Veicolo fermo in posizione irregolare	2	2
Veicolo fermo senza che sia stato collocato il prescritto segnale	1	0
Veicolo fermo regolarmente segnalato	1	0
Circostanza imprecisata	13	13
TOTALE	494	494

Tabella 6 | Confronto tra auto e biciclette per quanto riguarda le circostanze riportate nei verbali delle forze dell'ordine intervenute sul luogo degli incidenti stradali

Gli stessi dati possono essere visualizzati anche in forma grafica. Considerando le sole circostanze che implicano una violazione del Codice della Strada, si è riportata nelle ascisse la frequenza con cui le biciclette hanno commesso ciascuna violazione e nelle ordinate la frequenza per quanto riguarda gli altri veicoli coinvolti. Dal grafico che ne deriva, riportato qui

sotto, risulta più semplice e intuitivo determinare quali violazioni siano commesse più frequentemente dai ciclisti, ovvero i casi sotto la bisettrice del quadrante, e quali invece abbiano una frequenza maggiore tra i veicoli motorizzati, sopra la bisettrice.

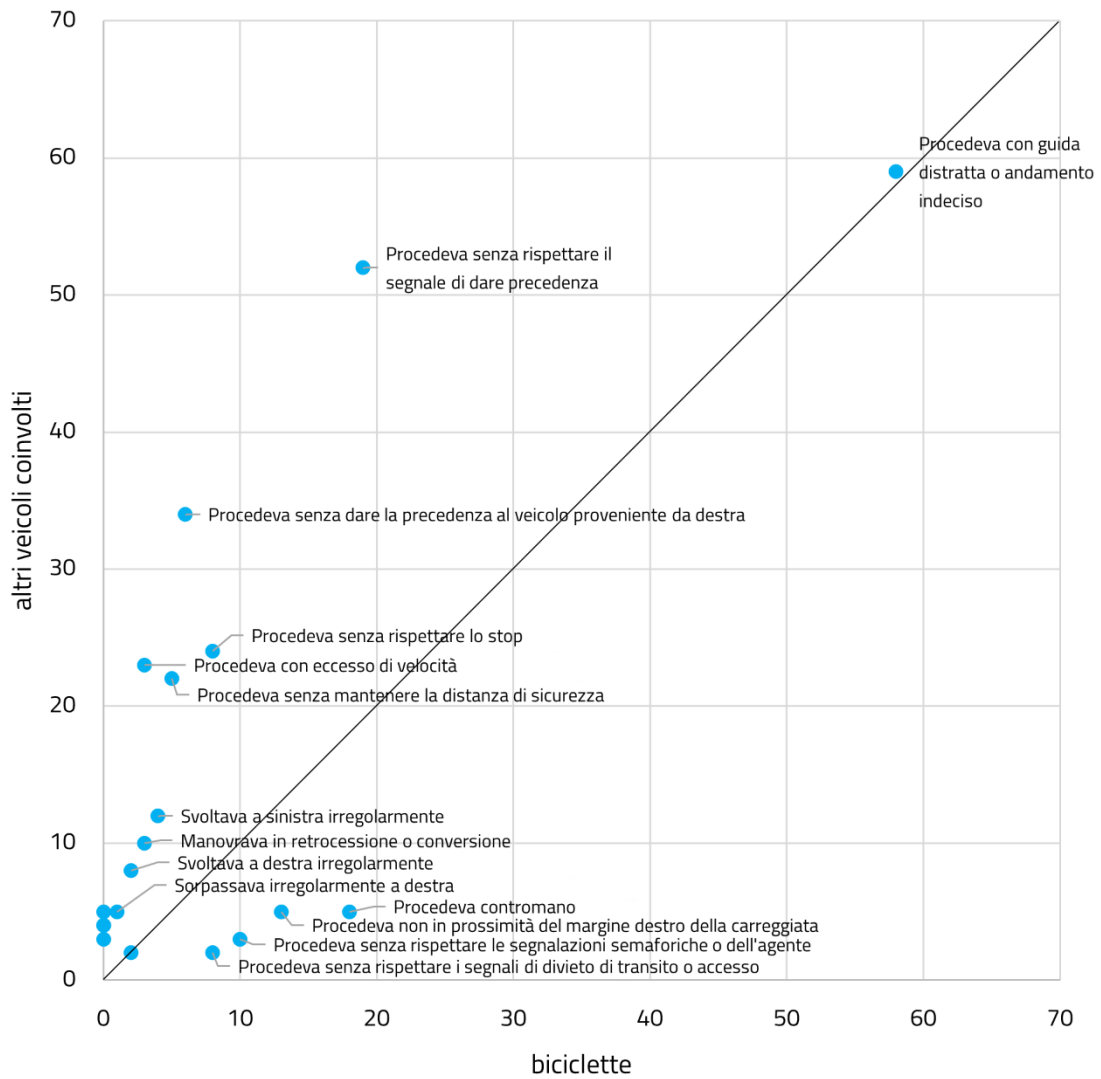


Figura 38 | Grafico di confronto tra le biciclette e gli altri veicoli coinvolti per quanto riguarda le circostanze riportate nei verbali delle forze dell'ordine intervenute sul luogo degli incidenti stradali

Al contrario dell'opinione diffusa che vede il ciclista demonizzato come un pericoloso e sistematico trasgressore del Codice della Strada, in più della metà degli incidenti la bicicletta stava procedendo regolarmente.

Spiccano inoltre, per la grande sproporzione nei numeri, gli incidenti causati dal non rispetto della distanza di sicurezza, degli stop, della precedenza a destra, del segnale dare la precedenza e dei limiti di velocità da parte degli utenti motorizzati.

Tuttavia, è quasi sempre il ciclista a rimetterci, anche con la vita, per questi errori:

	Morti	Feriti	Incolumi
Ciclisti	7	588	38
Conducenti di tutti gli altri veicoli coinvolti	0	29	472

Tabella 7 | Confronto tra ciclisti e conducenti degli altri veicoli coinvolti per entità delle lesioni riportate a seguito dell'evento incidentale

Questo dato, prima di ogni altro, deve far comprendere come sia fondamentale investire in sicurezza stradale a favore della mobilità attiva, dotando il maggior numero possibile di strade di adeguate infrastrutture ciclabili, anche leggere, come le corsie ciclabili o la strada urbana ciclabile, fondamentali per far percepire la strada come uno spazio pubblico di tutti e per tutti e non il regno delle auto.

Altri numeri interessanti che emergono dallo studio delle circostanze che caratterizzano gli incidenti sono i ciclisti che procedono contromano o senza rispettare divieti di transito o accesso. Questo dato può aiutare a capire su quali strade o itinerari gli utenti in bicicletta sono disposti a correre il rischio di procedere contromano pur di evitare una manovra più rischiosa o una deviazione eccessivamente lunga rispetto all'itinerario ideale in linea d'aria.

Diverse di queste situazioni in cui il ciclista è stato investito mentre procedeva contromano sono avvenute nei tratti di via Miranese, via Terraglio, via Castellana e viale Ancona dotati di corsie ciclabili. Nel caso di viale Ancona sicuramente le velocità delle auto e la geometria stradale con 4 corsie su un'unica carreggiata scoraggiano molto il ciclista ad attraversare il viale per percorrerlo nel senso di marcia corretto. Un'infrastruttura separata e sicura per le biciclette sarebbe probabilmente una buona scelta per una strada con queste velocità e

geometrie. Le altre tre vie citate sono le arterie principali della viabilità ordinaria per l'accesso alla città. In via Castellana andrebbe valutata la possibilità di separare le biciclette dal traffico stradale per tutta la sua lunghezza, dati i volumi di traffico e l'importanza dell'arteria. Via Terraglio è già oggi interamente dotata di un'infrastruttura ciclabile separata e sicura. Le corsie ciclabili di via Miranese, ben evidenziate con la recente colorazione, continuano ad essere la soluzione migliore per coloro che si spostano agilmente in bici in un contesto così densamente popolato e costellato di attività commerciali. Tuttavia, per anziani e bambini, sarebbe forse necessario ricavare sul lato sud dell'arteria un percorso ciclopedonale segregato e sicuro nel tratto compreso tra via Trieste e l'innesto con la A57 - Tangenziale di Mestre, che, oltre ai flussi veicolari cittadini, convoglia anche il traffico proveniente dall'hinterland e diretto alla tangenziale. In generale, per le corsie ciclabili monodirezionali si può pensare di rendere più grande ed evidente la freccia che ne definisce la direzione di marcia, considerando che l'utente della bicicletta può non aver mai conseguito la patente di guida e quindi non conoscere al meglio il Codice della Strada e le norme di circolazione.



Figura 39 | Corsie ciclabili di via Miranese nel tratto più prossimo al centro di Mestre

Un altro caso di ciclista contromano che ha portato ad un incidente è avvenuto all'ingresso di via Dante provenendo viale Stazione, dove effettivamente non è disponibile un modo alternativo per un ciclista proveniente dal suddetto viale per imboccare l'importante itinerario ciclabile di via Dante. Una soluzione potrebbe essere un percorso ciclabile che si biforca dall'itinerario di via Dante, a nord della rampa per il sottopasso della ferrovia, e, correndo lungo il lato ovest della rampa, conduca a viale Stazione.

Altro caso è avvenuto in via Vivaldi, una via residenziale a senso unico in un quartiere chiuso senza traffico di attraversamento, dove, come in tutto il quartiere, si potrebbe valutare l'introduzione del doppio senso ciclabile sulle strade a senso unico.

Anche via Rielta è stata imboccata contromano provenendo da via Casona. La via è dotata di apposito percorso ciclabile monodirezionale proprio per permettere alle biciclette di

procedere in senso opposto al traffico motorizzato, ma tale percorso inizia solo a 20 metri dall'imbocco della via, costringendo i ciclisti a percorrere questi primi metri in contromano per raggiungere la pista.

È contrassegnato come contromano anche un investimento di pedone su marciapiede in Corso del Popolo in prossimità della rotatoria con via Torino. Tale strada è un ampio viale, tra i più trafficati del centro di Mestre, con portici e molti negozi ma senza alcun tipo di infrastruttura ciclabile; è quindi comprensibile che gli utenti in bicicletta cerchino soluzioni alternative e meno rischiose per percorrerla. È possibile ipotizzare una riduzione dell'ampiezza della carreggiata per introdurre un percorso ciclopedonale bidirezionale protetto in sede propria o in alternativa almeno l'introduzione di due corsie ciclabili monodirezionali.

Nel 2017 un ciclista tenta di raggiungere il percorso ciclabile di via Calabria da via Etruria in contromano, anziché fare inversione di marcia alla rotatoria. Nel 2022 il Comune di Venezia ha realizzato un percorso ciclopedonale che permette di effettuare in totale sicurezza quella stessa manovra tentata dal ciclista anni prima. Lo stesso si può dire per un caso avvenuto nel 2017 in via Circonvallazione, dove nel 2022 l'Ente ha realizzato una pista ciclabile in sede propria.

Al Lido, lungo via San Gallo, presso il Ponte delle Quattro Fontane, tre ciclisti, nel maggio 2013, nel giugno 2014 e nel settembre 2015, sono stati investiti 2 a sud del ponte e 1 a nord, tutti in contromano. Qui si propone di valutare la velocità delle auto su via San Gallo per verificare se possa essere questa a disincentivare il ciclista dall'immettersi nel flusso di auto per percorrere il ponte nella direzione di marcia corretta e, nel caso, attuare interventi di moderazione della velocità. Pensando più in grande, un'idea da prendere in considerazione potrebbe essere la trasformazione del centro abitato del lido, almeno nel periodo estivo, in un'area in cui tutte le strade siano E-bis (strade urbane ciclabili), per rendere l'intera circolazione più accogliente verso le biciclette, un mezzo perfetto per spostarsi al Lido

d'estate, data anche la larghezza delle strade che non permette di ricavare facilmente altri tipi di infrastrutture ciclabili. Un'altra opzione potrebbe essere la costruzione di una passerella ciclopedonale tra via Candia e via San Giovanni d'Acridi, così da permettere alla mobilità attiva di evitare il Ponte delle Quattro Fontane, e trasformare via San Giovanni d'Acridi e via Lepanto in un itinerario privilegiato per la mobilità attiva per spostarsi verso il centro del Lido.

Un'altro incidente con ciclista contromano è avvenuto in via Padana nel 2013, dove probabilmente il ciclista ha ritenuto più rischioso attraversare l'arteria due volte anziché percorrerne un breve tratto in contromano e anche qui il problema è già stato positivamente risolto in quanto nel 2021 il Comune di Venezia ha realizzato in questo tratto un percorso ciclopedonale in sede propria, diminuendo l'ampiezza eccessiva della carreggiata, e introducendo un attraversamento semaforizzato a chiamata.

Secondo l'Osservatorio Europeo sulla Sicurezza Stradale, solo il 10% degli incidenti che coinvolgono ciclisti sono presenti nei report della polizia, tipicamente quelli che coinvolgono anche veicoli a motore [35]. Risulta pertanto di fondamentale importanza approfondire le cause di quei pochi incidenti riportati che non hanno coinvolto veicoli a motore.

41 incidenti sono avvenuti senza ostacoli, pedoni o altri veicoli. 18 di questi sono avvenuti in prossimità dei binari del tram. Solo 2 di questi sono avvenuti nella municipalità di Marghera, dove sono presenti itinerari ciclabili continui su vie parallele a quelle che ospitano i binari del tram, che permettono quindi di diminuire i rischi. La maggior parte delle cadute in prossimità dei binari sono avvenute in centro a Mestre e nella parte nord della città a Carpenedo e Favaro, dove la rete ciclabile è meno densa e continua e soprattutto non presenta itinerari forti paralleli alla linea del tram. In particolare, per quanto riguarda il centro, si registra una maggior frequenza nella parte di via Olivi non dotata di percorso ciclabile e nella zona di Piazzale Cialdini dove le infrastrutture ciclabile sono arrivate solo successivamente alle date degli eventi incidentali. A Carpenedo invece si registrano maggiori eventi in via Ca' Rossa, nel tratto nord, dopo il termine del percorso ciclabile, e soprattutto in via San Donà, un asse ricco di

attività commerciali di vicinato e con molte vie laterali e quartieri chiusi che gravitano esclusivamente su di essa per il collegamento con il resto della città. La via non presenta spazi sufficienti per introdurre un percorso ciclabile. Diventa quindi indispensabile creare un asse forte parallelo a nord, già in parte esistente ma che richiede un completamento per offrire un itinerario continuo, e uno a sud, con il percorso lungo via Rielta in corso di trasformazione in itinerario ciclabile bidirezionale che necessita di un prolungamento fino a connettersi con l'itinerario di via Vallenari, a formare un'unica e continua gronda sud di via San Donà, ed assi di collegamento sicuri da quest'asse verso il centro città.

Tra gli scontri con ostacoli troviamo un ciclista ferito a seguito di uno scontro con un paletto dissuasore in via Garibaldi nel 2013. Lo stesso tipo di dissuasore è utilizzato anche in via Gazzera Alta, dove la pista è più stretta in quanto monodirezionale, e gli ostacoli cingono la ciclabile ambo i lati. È normale che il ciclista ondeggi a destra e sinistra nella sua pedalata, in quanto la bicicletta avendo solo 2 ruote è sempre in una situazione di equilibrio instabile. Il ciglio delle infrastrutture ciclabili dev'essere progettato seguendo i principi dei *forgiving roadsides*, senza ostacoli rigidi che se urtati possono proiettare il ciclista a terra portando facilmente a traumi gravi.

8.5 Analisi sul campo delle criticità e potenzialità infrastrutturali

Da utente non abituale della rete ciclabile veneziana, mi sono trovato in difficoltà ad identificare il proseguimento dell'itinerario principale in corrispondenza di attraversamenti o interruzioni di percorso. Ad esempio in Viale San Marco, provenendo dal centro di Mestre, non è chiaro dove occorre attraversare per spostarsi sul lato est della strada dove un itinerario bidirezionale permette di proseguire fino al Parco San Giuliano. Oppure in via Torino, provenendo da Forte Marghera, un'indicazione all'intersezione con via Napoli potrebbe essere utile per indicare di svoltare e rimanere sull'itinerario principale, altrimenti l'utente ignaro

prosegue dritto fino a trovarsi alla rotatoria con Corso del Popolo dove il percorso finisce senza dare soluzioni per proseguire. O ancora dove l'itinerario di via Miranese finisce in corrispondenza di via Giustizia, un'indicazione potrebbe consigliare di svoltare in via Giustizia per raggiungere il centro di Mestre anziché proseguire lungo via Miranese e il pericoloso cavalcaferrovia dell'Amelia. In sintesi, l'introduzione di un'apposita segnaletica dedicata alla mobilità attiva permetterebbe di fruire con maggior facilità e fluidità delle infrastrutture ciclopedonali della terraferma, migliorando l'esperienza non solo dei cicloturisti ma talvolta anche dell'utenza abituale, portandola a scoprire percorsi dedicati lontani dalle strade principali, più sicuri ed a volte anche più brevi, ma magari non noti a persone abituate a spostarsi in auto.

In centro a Mestre le corsie ciclabili di via Miranese e via Carducci costituiscono un asse perfetto con l'area pedonale lineare di via Andrea Costa. Tale via termina sul Canal Salso, il cuore della vita commerciale della Mestre antica, oggi luogo di degrado. Il proseguimento di questo itinerario lungo la sponda del Canal Salso, da via Costa a viale Ancona (si tratta di soli 250 metri) permetterebbe di ridare vita a questo tratto del Canale con un collegamento ad esclusivo uso ciclopedonale, quindi sicuro e salutare, connettendo a viale Ancona e da qui l'area universitaria di via Torino e la ciclovia per Venezia svoltando a destra e Forte Marghera e Parco San Giuliano svoltando a sinistra, creando quindi un asse che attraversa il centro di Mestre dal sottopasso ciclopedonale della Gazzera a Forte Marghera. Il nuovo tratto lungo il canale aprirebbe nuove prospettive anche per l'area Italgas in corso di bonifica, dove potrebbero sorgere spazi verdi e attività ricreative a due passi dal cuore di Mestre.

Per quanto riguarda le pavimentazioni, i cubetti di porfido si sono dimostrati come previsto i più scomodi per pedalare, in particolare in Piazza Sant'Antonio a Marghera, dove l'irregolarità è tale da renderne difficile la percorrenza con le rigide bici del bike sharing. I cubetti di porfido sono presenti anche in tratti di recente costruzione, come il tratto di pista ciclabile di fronte all'area alberghi di via Ca' Marcello, in zona stazione di Mestre. La superficie non è ottimale

nemmeno sui masselli autobloccanti, che non offrono una superficie liscia e uniforme, ad esempio nel sottopasso di via Giustizia. Il percorso lungo l'argine del Fiume Dese realizzato nel 2020 in materiale drenante e ghiaioso compattato con calce, mostra già evidenti segni di cedimento laterale. I tratti in asfalto e cemento in buono stato di manutenzione si dimostrano in assoluto i più confortevoli.



Figura 40 | Percorso ciclopedonale sull'argine del Fiume Dese

Relativamente agli ostacoli e dissuasori posti lungo la rete ciclabile si segnala l'inadeguatezza dei paletti con orecchie posti ad altezza manubrio nel sottopasso di via Castellana, scomodi e difficili da oltrepassare.



Figura 41 | Paletti con orecchie nel sottopasso di via Castellana

L'uso dei paletti dissuasori ai bordi nelle ciclabili è ancora molto diffuso anche nelle ciclabili di nuova costruzione, in contrasto con i principi dei *forgiving roadsides* [24] [25]. Al loro posto si potrebbero utilizzare cordonate con il lato rivolto verso il percorso ciclabile inclinato, tollerante verso l'errore umano, e il lato rivolto verso le auto verticale, per non essere scavalcato e garantire quindi sicurezza del percorso.



Figura 42 | Nuovo tratto di percorso ciclabile in via Rielta con paletti dissuasori realizzato nel 2022

Molto positivo l'approccio che il Comune di Venezia sta adottando per gli attraversamenti ciclabili sicuri, ben evidenziati con vernice arancio RAL 2004, il colore della ciclabilità veneziana, conformi alle norme UNI-EN 1436 sulla resistenza allo slittamento.



Figura 43 | Attraversamento ciclopedonale in via Volturmo, quartiere Bissuola



Figura 44 | Attraversamento ciclopedonale in via Etruria, quartiere Gazzera



Figura 45 | Interventi di messa in sicurezza della mobilità ciclistica all'intersezione tra via Spalti e via Garibaldi
Foto di Stefano Marchiante

8.6 Analisi modellistica della domanda di mobilità

Relativamente alla domanda di mobilità, non essendo disponibili dati dettagliati e matrici degli spostamenti relativi alla mobilità ciclistica, si è scelto di analizzare quegli spostamenti oggi effettuati in auto, sotto i 5 km, quindi potenzialmente sostituibili con spostamenti in bicicletta.

La matrice degli spostamenti utilizzata è quella del PUMS relativa alle sole auto. La matrice del PUMS è il risultato di una elaborazione iniziale dei dati relativi al censimento ISTAT del 2001, grazie alla quale è stato possibile associare a delle zone di traffico ogni singola origine/destinazione degli spostamenti sistematici (per lavoro e/o studio) dichiarata nei questionari, associando la zona censuaria alla rispettiva zona di traffico (COSES [36]).

Successivamente, l'attualizzazione della matrice è avvenuta grazie alla campagna di rilievi di traffico effettuata nella primavera del 2019 lungo le principali strade e intersezioni della viabilità, nonché sulla base dei cosiddetti FCD data (Floating Cars Data) messi a disposizione per la redazione del PUMS. I dati sono riferiti all'ora di punta del mattino.

Utilizzando un software di modellazione della domanda di mobilità, PTV Visum, è stata calcolata per ogni coppia origine - destinazione la lunghezza media dello spostamento: si è così ottenuta la matrice delle distanze. Tale matrice è stata depurata eliminando le relazioni con distanza maggiore di 5 km, consolidando i soli valori di traffico per gli spostamenti brevi, ovvero sotto i 5 km.

Per quanto riguarda l'offerta, si è scelto di utilizzare il grafo del PUMS, a sua volta proveniente da OpenStreetMap, per conservare il dato relativo ai flussi di traffico di auto e mezzi pesanti su ciascun arco derivante dall'assegnazione. Ad esso è stato aggiunto un attributo *BIKE*, per identificare gli archi in cui sono presenti corsie ciclabili in carreggiata, e sono stati chiusi al traffico ciclistico gli archi dove le biciclette non sono ammesse. Il grafo stradale del PUMS non ricomprende in modo esaustivo le infrastrutture ciclabili. Pertanto, si è importato e sovrapposto il grafo derivante dalla mappatura, assegnando a ciascun arco una velocità di flusso libero di 12 km/h, la velocità media in bicicletta. Sono stati spezzati gli archi in corrispondenza delle intersezioni fra i due grafi per formare una rete unica e permettere all'algoritmo di ricerca del percorso minimo di utilizzare gli archi di entrambi i grafi.

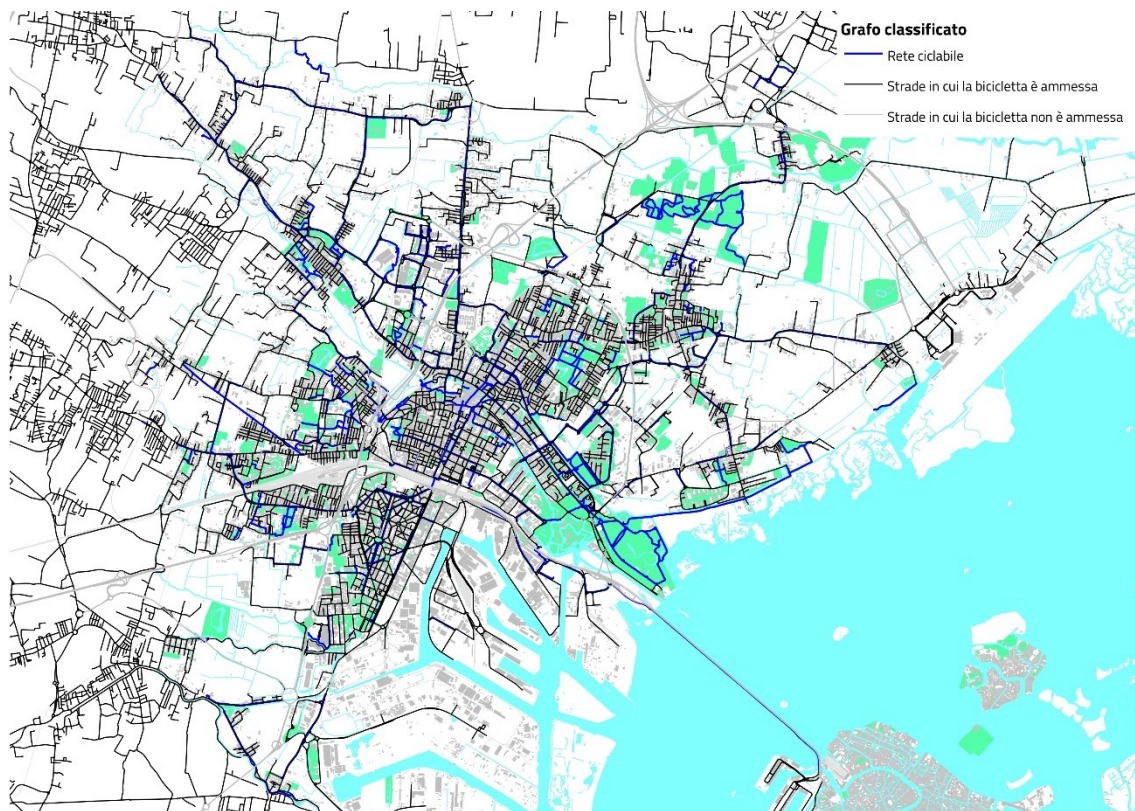


Figura 46 | Grafo categorizzato per l'utenza ciclistica

A questo punto, avendo la matrice degli spostamenti brevi e il grafo di offerta, è stata definita l'impedenza agli archi del grafo, quale fattore che influisce direttamente nella scelta dei percorsi. Alla determinazione dell'impedenza concorrono le seguenti variabili:

- l'entità del traffico motorizzato su ciascun arco stradale, distinta tra auto e veicoli pesanti;
- la presenza delle rotaie del tram nella sede stradale;
- aree pedonali del centro di Mestre dove il transito è consentito solo con la bicicletta a mano.

Agli archi stradali dotati di corsie ciclabili in carreggiata, è stato attribuito un fattore di impedenza minore. Gli itinerari su sede ciclabile dedicata risultano in questo modo preferenziali ma ovviamente non esclusivi.

Si è poi proceduto ad assegnare la matrice di domanda al grafo stradale, ottenendo quanto evidenziato dalla figura seguente:

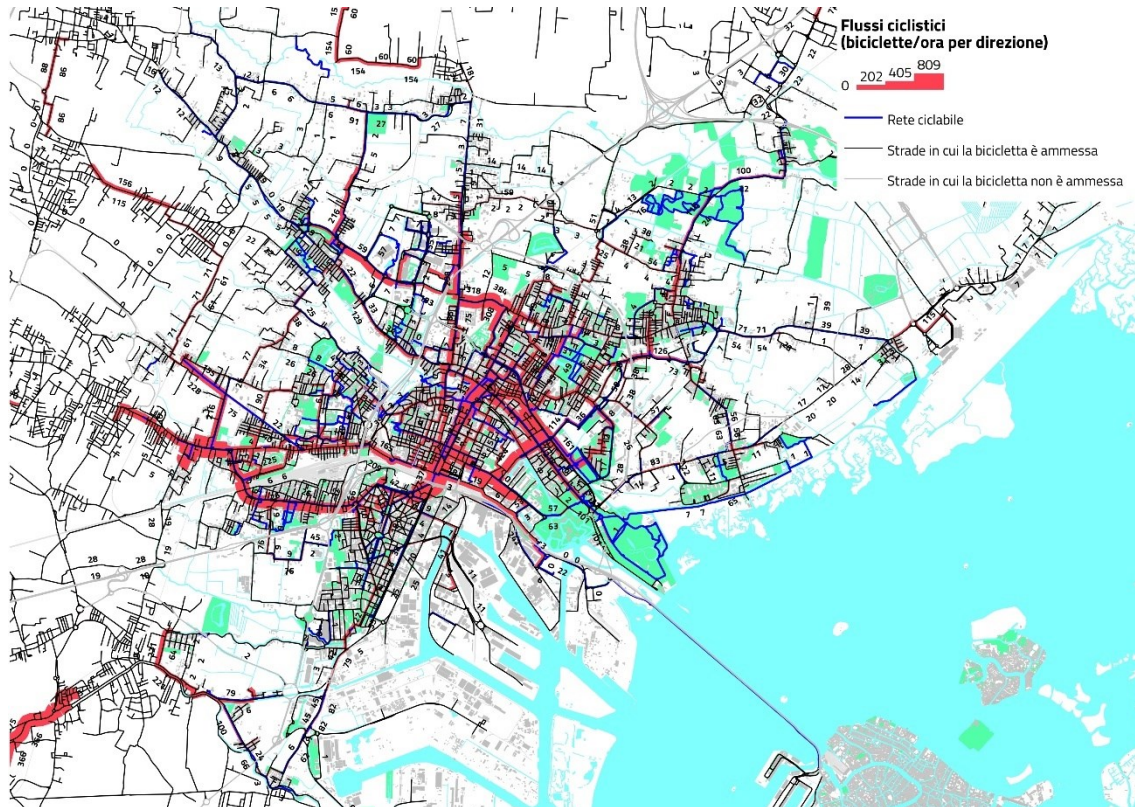


Figura 47 | Flussi ciclistici ottenuti dall'assegnazione nella terraferma veneziana

Su un totale di 46.890 veicoli-km, 21.003 sono sulla rete ciclabile o su archi stradali dotati di corsie ciclabili, ovvero il 44,79%. I restanti 25.887 veicoli-km si muovono su strade non infrastrutturate per biciclette, il 55,21%.

Si è poi provato ad eliminare la rete ciclabile dal grafo, così da vedere quanti risulterebbero i veicoli-km dell'assegnazione se la stessa domanda avesse a disposizione esclusivamente la rete stradale. Per rendere fattibili tutti gli spostamenti, si è reso necessario intervenire nell'abilitazione al transito ciclistico di alcuni archi stradali strategici. Nello specifico, è stato necessario ripristinare la transitabilità alle biciclette sul cavalferrovia della Vempa e ripristinare il doppio senso di circolazione in via delle Industrie per far sì che tutte le origini e destinazioni avessero un percorso possibile e quantomeno credibile. Sono risultati 51.015

veicoli-km, contro i 46.890 ottenuti con l'assegnazione della domanda al grafo completo (rete stradale e ciclabile). Ciò significa che la rete ciclabile oggi esistente permette una riduzione della lunghezza degli itinerari, per nulla scontata, consentendo un risparmio di 4.125 veicoli-km, ovvero l'8,09% delle percorrenze, sempre in riferimento al segmento di domanda considerata.

Tornando alla rete completa comprensiva anche delle ciclabili, per ogni coppia origine - destinazione si è calcolato il rapporto tra la lunghezza del percorso e la distanza euclidea lungo la linea di desiderio, ovvero il fattore di deviazione. Le situazioni più critiche emergono nel quartiere della Gazzera.

In particolare tra Gazzera e Cipressina si riscontra un fattore di deviazione di 7,09, dovuta alla presenza del fiume Marzenego che ostacola percorsi più diretti. In occasione della realizzazione del parco del Fiume Marzenego, potrebbe essere utile inserire nel progetto, oltre alla ciclovia lungo l'asta fluviale, anche un ponte ciclopedonale all'altezza di queste due località per facilitare non solo l'accessibilità alla ciclovia da entrambe le sponde del fiume ma anche favorire itinerari più veloci e diretti nella mobilità quotidiana.

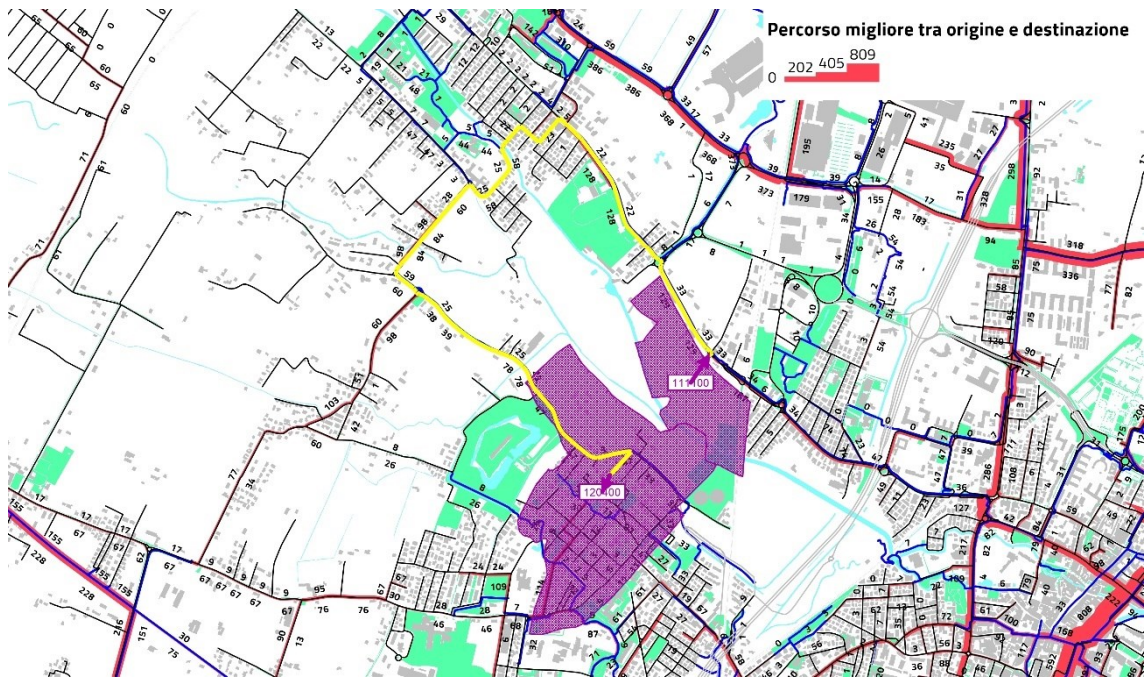


Figura 48 | Il percorso migliore odierno tra Cipressina e Gazzera, molto più lungo della distanza spaziale che separa in linea d'aria le due località

Fattori di deviazione elevati si riscontrano anche nei percorsi Gazzera - Catene e Gazzera - Marghera:

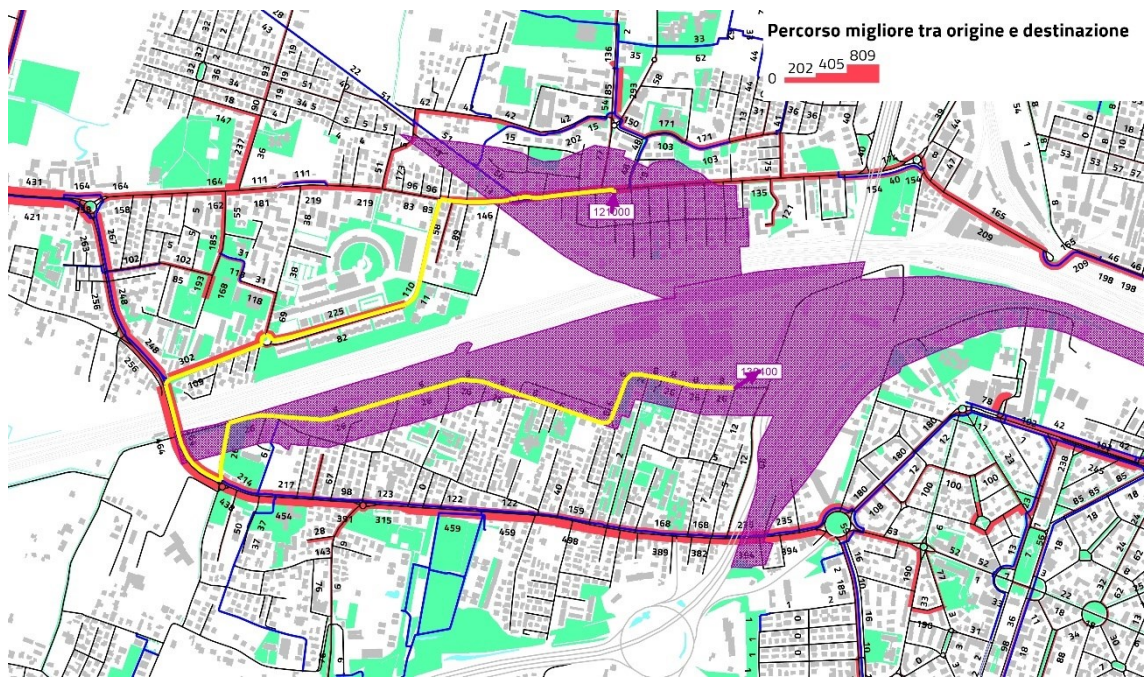


Figura 49 | Il percorso migliore odierno tra Gazzera e Catene

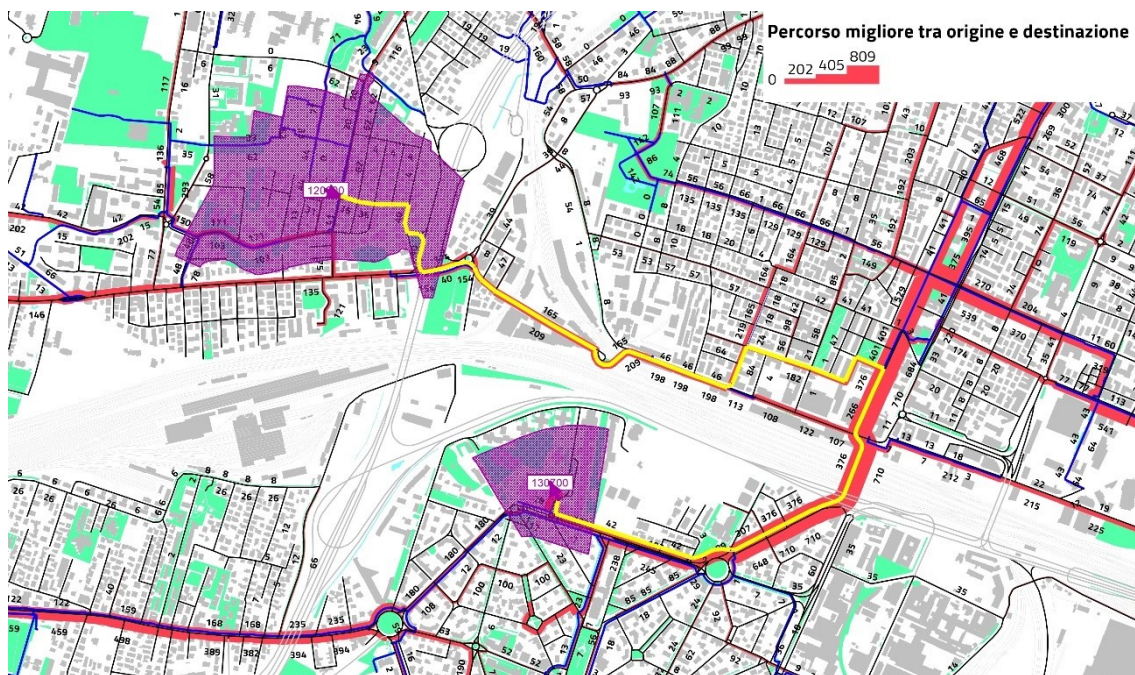


Figura 50 | Il percorso migliore odierno tra Gazzera e Marghera

In questo caso il problema è dovuto alla ferrovia Milano – Venezia, un’infrastruttura lineare in questo tratto molto ampia per la vicinanza al nodo di Mestre. Una soluzione potrebbe essere una passerella ciclopedonale agganciata al viadotto dell’A57 – Tangenziale di Mestre, da studiare in collaborazione con Concessioni Autostradali Venete, o una passerella indipendente come quella realizzata accanto al cavalcaferrovia di via Trieste tra Chirignago e Catene o ancora un sottopasso ciclopedonale che connetta via Mancini alla Gazzera con via Parco Ferroviario, seguito da un secondo sottopasso ciclopedonale che permetta di superare via della Libertà collegando via Parco Ferroviario con via Casati a Marghera. Quest’ultima soluzione, perfettamente rettilinea, permetterebbe inoltre di rivalutare l’area, ora quasi isolata, sita tra la ferrovia Milano – Venezia, l’A57 – Tangenziale di Mestre e via della Libertà, mettendola in connessione sia con la Gazzera che con Marghera.

Altri fattori di deviazione elevati si riscontrano tra il porto commerciale di Marghera e le aree limitrofe. Eventuali soluzioni riguarderebbero un’utenza specifica, quella dei lavoratori del porto, e l’area interessata non è direttamente gestita dal Comune di Venezia ma dall’*Autorità*

di Sistema Portuale del Mare Adriatico Settentrionale, con la quale nel caso andrebbe aperto un tavolo di confronto.

Fondamentali risultano tutti sottopassi ciclopedonali realizzati in attraversamento delle linee ferroviarie o delle arterie stradali principali negli ultimi decenni, che semplificano notevolmente gli spostamenti. In particolare è importante che il sottopasso della stazione di Porto Marghera, nel quale sono in corso lavori di ristrutturazione da parte di RFI, continui a garantire un agevole attraversamento in bicicletta, con rampe ciclabili da entrambi i lati, direzione nella quale il *Servizio Pianificazione* del Comune sta spingendo da alcuni mesi.

Si è poi scelto di analizzare quali tratti stradali ospitino un maggior numero di spostamenti in bicicletta, pur non presentando apposite infrastrutture per ciclisti. A tale scopo, si è ritenuta significativa la soglia di 150 biciclette-ora per direzione. L'analisi è utile per evidenziare tratti stradali a domanda ciclistica elevata che meritano l'attenzione per la pianificazione futura.

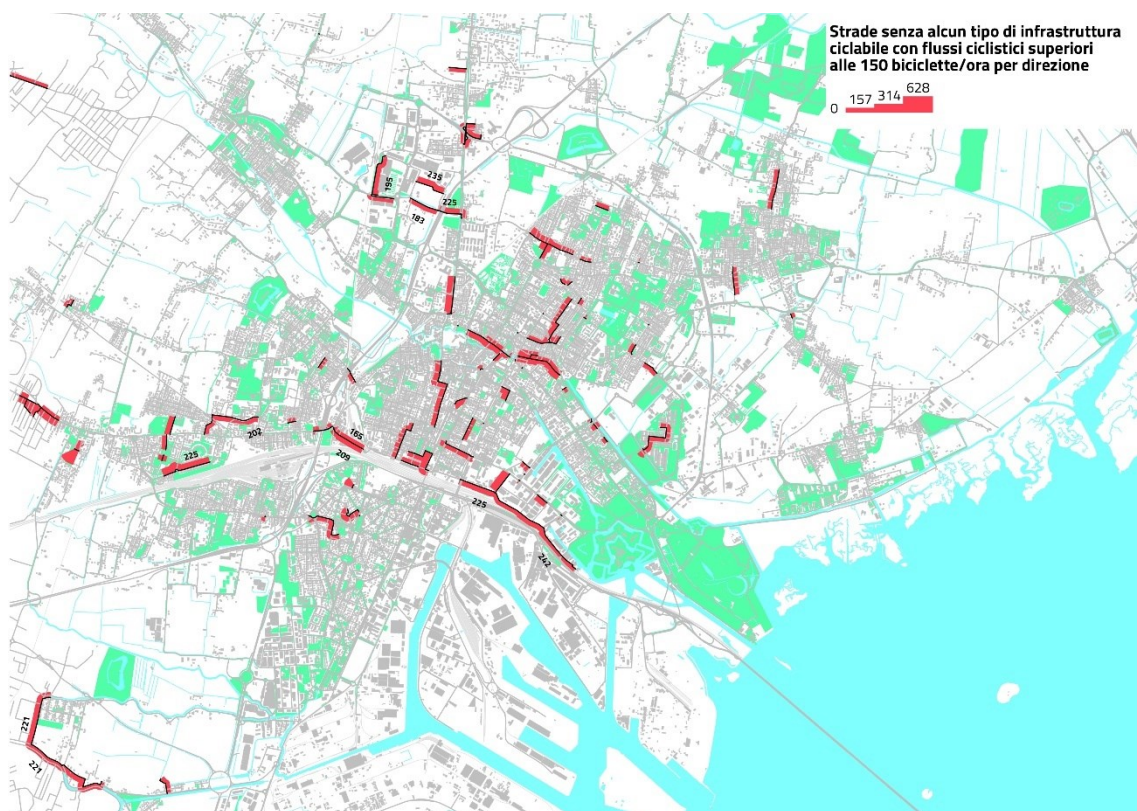


Figura 51 | Flussi maggiori di 150 biciclette/ora per direzione su strade non infrastrutturate per accoglierli

Spiccano per continuità e lunghezza l'asse via Ca' Marcello – via Paganello a Mestre, dove il Comune sta già realizzando un percorso ciclopedonale protetto, l'itinerario Ca' Sabbioni – Malcontenta lungo via Padana, per il quale esiste un progetto di Veneto Strade in attesa di finanziamento, via Felisati e il tratto di via Piave e via Circonvallazione che la connette al percorso protetto di via Circonvallazione, il sottopasso di via Terraglio, tratto però evitabile tramite il bypass ciclabile di via San Damiano e via Olivolo, il tratto di via Bissuola più prossimo al centro di Mestre e le vie Garigliano e Metauro.

Emergono poi viale Stazione e via Gaspare Gozzi a Mestre, Riviera Marco Polo, già piuttosto protetta in quanto strada senza uscita, l'asse via San Rocco – via Einaudi, nel centro storico di Mestre, il tratto di via Trezzo di Carpenedo non dotato di percorso protetto e l'adiacente tratto di via San Donà e di via Garibaldi, via Monte Boè e il primo tratto di via Altinia tra via Indri e la ciclabile per Dese a Favaro Veneto, via Giustizia, strada senza uscita ma piuttosto frequentata anche da veicoli commerciali dove si potrebbe pensare a delle corsie ciclabili, l'asse via Fratelli Cavanis – via Bosso a Chirignago, via dei Poli e l'ultimo tratto di via Etruria, l'asse via Montessori – via Ivancich sempre a Chirignago, via Borgo Pezzana, già strada senza uscita, il tratto est-ovest di via Bruno Marderna e il tratto di via Pionara tra via Paccagnella e la stazione di Mestre Ospedale in zona AEV Terraglio, infine via Carrer e via Camporese in Quartier Pertini.

Si è poi voluto valutare su quali tratti di strade percorse da più di 500 auto/ora per direzione siano stati assegnati flussi ciclistici rilevanti, nonostante l'impedenza pesata sul traffico automobilistico. L'analisi è utile per evidenziare tratti stradali che meritano un'attenzione particolare sotto il profilo della sicurezza.

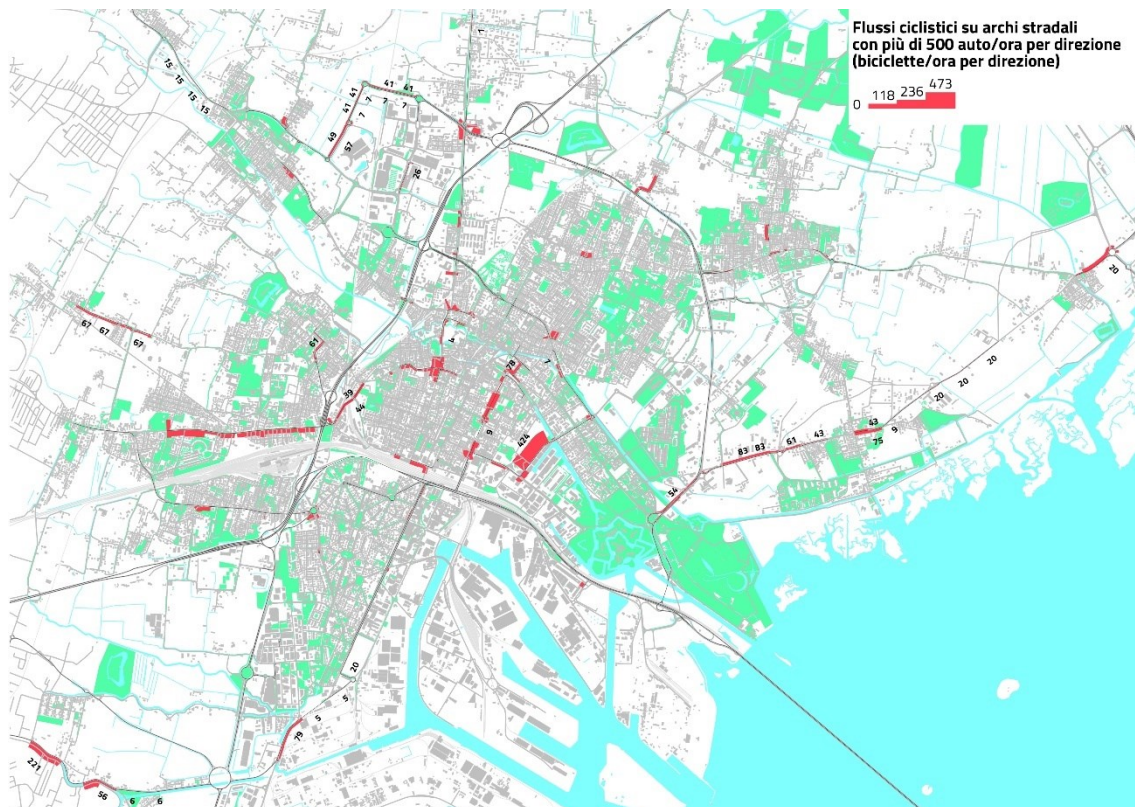


Figura 52 | Flussi ciclistici su archi stradali percorsi da più di 500 auto/ora per direzione

Da questa analisi emerge nettamente via Ancona, seguito dal tratto di via Circonvallazione e via Piave compreso tra via Felisati e il percorso protetto di via Circonvallazione, poi il tratto di via Miranese tra la rotatoria con via Trieste e la A57 – Tangenziale di Mestre, il tratto di via Padana che permette il collegamento tra Ca' Sabbioni e Malcontenta non ancora dotato di percorso protetto e infine viale Stazione e Corso del Popolo in centro a Mestre.

Infine, si è pensato di identificare gli assi portanti della mobilità ciclistica della terraferma veneziana individuando i tratti di infrastrutture ciclabili con più di 150 biciclette/ora per direzione.

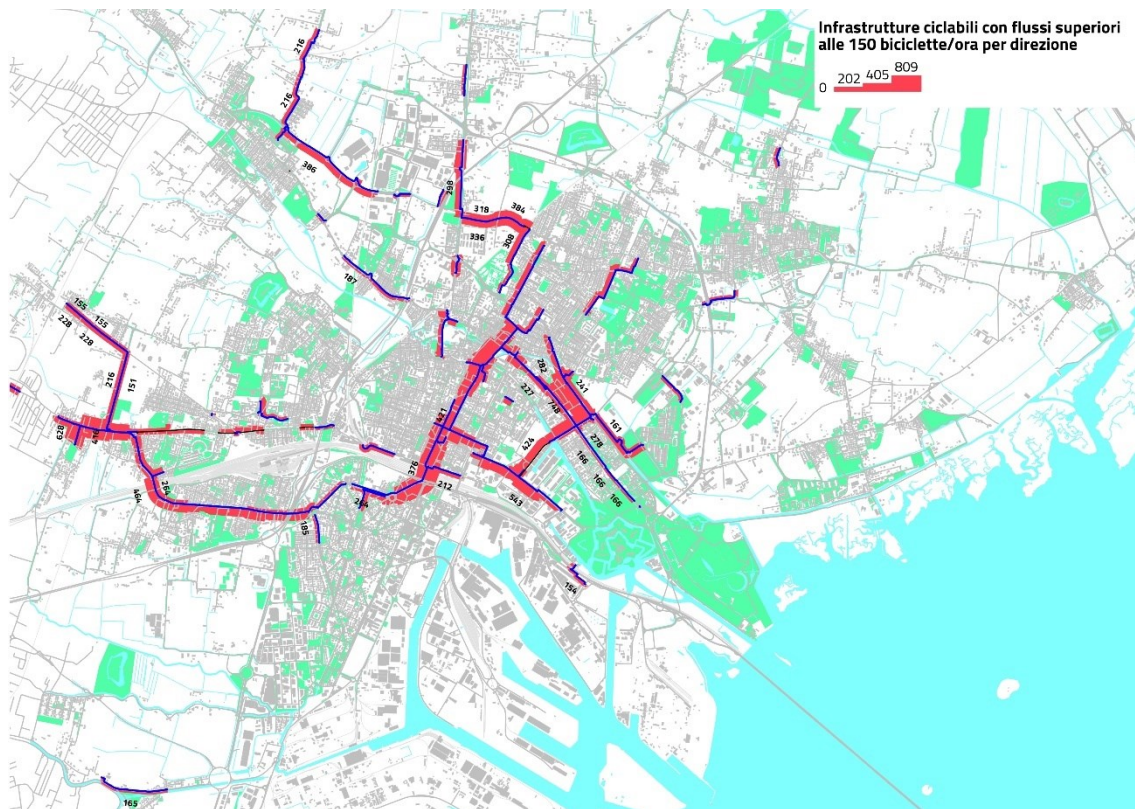


Figura 53 | Infrastrutture ciclabili con flussi superiori alle 150 biciclette/ora per direzione

Gli assi dove si concentrano gli spostamenti in bicicletta sono il percorso nord – sud, Mestre – Marghera, costituito dalle via Caneve, Fapanni, Poerio, Brenta Vecchia, Capuccina, Dante e Rizzardi, alla quale si connette l’asse di via Trieste per diramarsi verso ovest su via Miranese, via Risorgimento e la via verde dell’ex Valsugana. Nella parte est di Mestre spiccano l’asse costituito dalle vie Bembo, Genova, Napoli, Torino, l’asse Ancona - Sansovino e gli assi di via San Marco e via Vespucci. Salta poi all’occhio a nord il tratto di via Trezzo di Carpenedo connesso a via Terraglio e via Santa Maria dei Battuti. Infine ad ovest l’asse di via Paccagnella connesso a quello di via Scaramuzza.

9 Monitoraggio della mobilità ciclistica

Nell'ambito del PUMS e del Biciplan, per valutare l'interazione tra domanda e offerta di mobilità ciclistica, è necessario disporre di dati sui flussi di traffico ciclistico sui diversi itinerari [17]. Disporre di dati continuativi sui flussi permette di avere un quadro conoscitivo più ampio e approfondito della mobilità ciclistica dell'area di studio, poterne osservare l'evoluzione e le tendenze, il tipo di utilizzo, le variazioni stagionali e in base al meteo.

Il monitoraggio è utile per valutare i flussi prima e dopo un intervento infrastrutturale, per rendere consapevoli e dare forza agli utenti della bicicletta facendone percepire la numerosità, per meglio valutare la sicurezza di un itinerario calcolando l'esposizione al rischio e il tasso di incidentalità, per individuare i luoghi in cui è prioritario intervenire con nuove infrastrutture ciclabili, per determinare i fattori di espansione utili ad estendere i dati ottenuti da rilevazioni temporanee ad una settimana e ad un anno e per valutare schemi di comportamento degli utenti, ad esempio Copenaghen aumenta i bus su alcune linee nei giorni di pioggia perché, grazie ai dati storici del monitoraggio, può prevedere quanti ciclisti e per quali destinazioni si rivolgeranno al trasporto pubblico in quella fascia oraria.

I dispositivi per il conteggio di biciclette e pedoni sono una tecnologia relativamente recente e poco diffusa, sebbene queste due forme di mobilità siano più antiche dell'auto. La difficoltà del monitoraggio dei flussi ciclistici risiede in alcune differenze esistenti rispetto al traffico veicolare:

- i programmi di monitoraggio esistenti sono basati su un numero di punti di controllo inferiore rispetto ai programmi che coinvolgono i veicoli a motore,
- spesso il maggior uso dell'infrastruttura stradale da parte dei ciclisti avviene su un gran numero di strade secondarie anziché su poche principali come avviene per le auto,

- i contatori di biciclette e pedoni hanno tassi di errore più alti rispetto ai corrispondenti contatori per veicoli in quanto sono tecnologie non ancora consolidate,
- i comportamenti di ciclisti e pedoni sulla strada sono più imprevedibili rispetto alle auto, questo aumenta la difficoltà nel rilevamento del loro passaggio,
- infine, uno dei più grandi vantaggi dati dalla pedonalità e ciclabilità negli ambienti urbani è il poco spazio occupato durante il movimento, questo si traduce in uno svantaggio quando si tratta di contare il numero di passaggi, in quanto gruppi di ciclisti o pedoni sono più difficili da identificare, rischiando di sottostimare il dato.

9.1 Tecnologie disponibili

Ci sono diverse tecnologie disponibili sul mercato per il conteggio di pedoni e ciclisti. Esse si differenziano per costi, accuratezza, capacità di distinguere tra pedoni e ciclisti, intrusività o meno della tecnologia e condizioni al contorno necessarie per il loro buon funzionamento.

Il metodo più utilizzato, come avviene per i veicoli a motore, sono le **spire induttive**, dove viene inserita una corrente alternata che genera un campo magnetico. Il passaggio di un veicolo altera il campo magnetico e permette, se la spira è ben calibrata, di registrare il passaggio. È possibile aumentare la sensibilità della spira per meglio rilevare il passaggio di veicoli non ferrosi come le biciclette in alluminio o fibra di carbonio, ma occorre prestare attenzione perché in questo modo è possibile che la spira rilevi anche il passaggio di grandi masse ferrose nelle vicinanze come le auto della adiacente corsia veicolare. Anche le linee elettriche ad alta tensione nelle vicinanze possono compromettere il loro funzionamento. Questo strumento non rileva i pedoni. Le spire per i veicoli a motore sono spesso collocate in prossimità di intersezioni semaforizzate, per valutare i flussi nelle diverse corsie o modificare la lunghezza delle fasi semaforiche nel caso di impianti regolati dal traffico, tuttavia questa non è la posizione ideale dove utilizzarle. Soprattutto con piccoli veicoli, come le biciclette, è

importante che essi siano in movimento affinché vi sia una modifica del campo magnetico tale da essere rilevata dallo strumento, pertanto è necessario collocare le spire in luoghi dove il traffico ciclistico è in condizioni di freeflow. È inoltre possibile rilevare la direzione di marcia utilizzando due spire consecutive e un registratore dati di qualità che interpreti correttamente i due segnali.

I **magnetometri** misurano invece l'alterazione del campo magnetico terrestre al passaggio di una massa ferrosa. Questa tecnologia utilizzata per i veicoli motorizzati può essere applicata anche per il conteggio delle biciclette, ma richiede un uso più massiccio di sensori in quanto le masse ferrose in gioco sono molto più piccole.

Un'altra tecnologia utilizzata, che non distingue tra pedoni e ciclisti, sono i **sensori infrarossi**, che possono essere attivi, in tal caso il sensore emette un raggio infrarosso continuo e registra un passaggio ogni volta che il raggio viene interrotto, o passivi, utilizzando l'infrarosso per rilevare le differenze di calore. I sensori passivi sono più semplici da installare perché richiedono un solo supporto verticale, mentre quelli attivi richiedono un emettitore e un ricevente perfettamente allineati. I sensori infrarossi funzionano bene in aree circoscritte e ben delimitate, ma faticano a distinguere gruppi di utenti. Il loro funzionamento può essere compromesso da posizioni esposte al sole diretto o al riflesso dello stesso su specchi d'acqua.

Simili ai sensori infrarossi attivi abbiamo i **fasci radio**, ovvero un emettitore e un ricevitore di segnale radio che contano le interruzioni del segnale per determinare il numero di passaggi. Dispositivi che utilizzano differenti frequenze sono in grado anche di distinguere pedoni da ciclisti. Lo strumento fatica a contare correttamente gruppi di pedoni o ciclisti.

Nei **tubi pneumatici** un contatore misura le onde di pressione generate dallo schiacciamento del tubo al passaggio delle ruote di un veicolo. Rilevano solo le biciclette e vengono installati in coppia quando si vuole determinare anche la direzione del passaggio. L'utilizzo di queste tecnologia per il conteggio delle biciclette può causare dei rischi per la sicurezza: è necessario

che i fissaggi metallici dei tubi siano collocati fuori dall'area di transito delle biciclette. Data la facilità di installazione e il basso costo questa tecnologia è spesso usata per i conteggi temporanei.

Simili ai tubi pneumatici sono le **strisce piezoelettriche** che emettono un segnale elettrico diretto al contatore ogni volta che vengono deformate. Anch'esse rilevano solo le biciclette e vengono stese in coppia trasversalmente alla carreggiata per poter rilevare anche la direzione del mezzo. Sono incassate nella pavimentazione o nel terreno e vengono utilizzate per conteggi permanenti. È da evitare il loro posizionamento vicino ad intersezioni in quanto lo stazionamento di biciclette su di esse potrebbe incrementare erroneamente il conteggio.

Il **laser scanner** emette impulsi laser in una predeterminata direzione e analizza gli impulsi che vengono riflessi. Può essere installato per monitoraggi permanenti dove è disponibile un aggancio alla rete elettrica, altrimenti può essere utilizzato a batteria per conteggi temporanei. Questo strumento non è in grado di distinguere tra ciclisti e pedoni. È una tecnologia ancora poco diffusa.

Si utilizzano poi **sensori di pressione**, che misurano il peso, e **acustici o sismici**, che misurano le vibrazioni del terreno causate dai passi o dal rotolamento. Sono i sensori più utilizzati nei percorsi sterrati, perché a basso costo e a riparo da atti vandalici, completamente sepolti nel terreno. Si possono utilizzare anche per conteggi continuativi se adeguatamente posizionati.

I **sensori di pressione a fibra ottica** analizzano la diminuzione della quantità di luce trasmessa all'interno di un cavo di fibra ottica dovuta al peso applicato al cavo. Il cavo viene inserito in un'apposita fessura nella pavimentazione ed è quindi utilizzato per conteggi permanenti. Anche questa è una tecnologia ancora poco diffusa e testata.

Infine, pedoni e ciclisti possono essere conteggiati tramite l'elaborazione di **immagini video**, raccolti anche tramite le telecamere standard già installate sulle strade per il controllo del traffico. La parte fondamentale di questo strumento è ovviamente il software, la cui

accuratezza può variare molto da prodotto a prodotto. Meteo e illuminazione influenzano l'efficacia del software. Gli strumenti più sofisticati riescono a rilevare anche pedoni e ciclisti in gruppo [37].

Si stanno iniziando ad utilizzare software di conteggio che fanno uso anche del **machine learning** per analizzare le immagini provenienti dalle telecamere. In particolare uno studio effettuato dal Dipartimento francese dell'Isère (Grenoble) in collaborazione con il Cerema ha mostrato come l'analisi dei video delle telecamere con l'intelligenza artificiale sia molto precisa e versatile sia nel conteggio che nell'individuazione del senso di marcia [38].

Altre tecnologie di recente introduzione in questo campo sono le **termocamere**, che combinano l'infrarosso passivo con il conteggio automatico da immagini, e il **radar** che emette un impulso elettromagnetico e analizza le onde che vengono riflesse.

Vi sono altri nuovi metodi che potremmo definire campionari anziché censuari, in quanto misurano solamente una quota parte degli utenti. Si tratta di metodi basati sulle tecnologie **Bluetooth** e **Wi-Fi**, che rilevano quindi i dispositivi nelle vicinanze, e contatori che utilizzano i **pulsanti semaforici** con cui i pedoni chiedono l'attivazione della loro fase semaforica.

Tutti questi strumenti devono essere calibrati e testati una volta installati, confrontando i risultati ottenuti con un conteggio manuale per verificare il tasso di errore.

Si propongono di seguito i risultati di un test di accuratezza e precisione svolto nell'ambito del progetto statunitense *National Cooperative Highway Research Program* del *Transportation Research Board* [39]:

Tecnologia	Errore percentuale medio	Errore percentuale medio assoluto	Coefficiente di correlazione Pearson's r	Numero di strumenti utilizzati	Volume orario medio
Infrarosso passivo	-3.5%	22.5%	0.938	398	258
Infrarosso attivo	-6.6%	7.3%	0.998	34	327
Termocamera	5.5%	22.5%	0.912	28	101
Radar	23.0%	28.0%	0.920	31	72
Tubi pneumatici	-15.3%	17.7%	0.986	279	160
Spire induttive	0.6%	8.9%	0.994	108	128
Strisce piezoelettriche	-4.0%	4.5%	0.995	120	105
Fascio radio	-9.6%	9.7%	0.991	56	321
Combinazione (volume pedonale)	8.8%	54.8%	0.992	111	140

Tabella 8 | Risultati del test di attendibilità e precisione

Dati del *Transportation Research Board in Methods and Technologies for Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection: Phase 2*


Ognuno di questi dati rappresenta la media degli errori ottenuti dall'utilizzo di diversi prodotti disponibili sul mercato basati sulla stessa tecnologia, utilizzati in diversi studi in diversi stati degli USA. L'ultima riga riporta il dato derivato dall'uso combinato di due tecnologie, le spire induttive e gli infrarossi passivi, per ottenere il conteggio dei pedoni, sempre come media di diversi studi in diversi stati e diversi prodotti.

L'errore percentuale e l'errore percentuale assoluto mostrano di quanto il valore misurato dal conteggio automatico si discosta dal conteggio manuale. L'utilizzo dell'indicatore assoluto serve a far sì che errori positivi e negativi non si annullino tra loro portando ad una sottostima dell'errore. Il coefficiente di correlazione definisce quanto il dato misurato automaticamente sia correlato al dato ottenuto manualmente: valori vicini a +1 indicano che i due risultati hanno andamenti molto simili, -1 indica andamenti opposti e 0 significa che non vi è correlazione tra i due risultati. Nel nostro caso, come era giusto aspettarsi considerando che le due variabili considerate sono due metodi per contare la stessa cosa, tutti i valori sono compresi tra 0 e 1.

Tra gli strumenti analizzati quelli più affidabili per il conteggio delle biciclette, se ben installati e calibrati, sembrano essere le strisce piezoelettriche, le spire induttive, l'infrarosso attivo e il fascio radio.

Infine, la Federal Highway Administration americana nella sua guida Traffic Monitoring Guide [40] [41] fornisce un diagramma semplificato per la scelta del dispositivo di conteggio più adatto rispetto al tipo di utenza da rilevare, alla durata del monitoraggio e al costo:

1. What Are You Counting?



	Technology	Bicyclists Only	Pedestrians Only	Pedestrians & Bicyclist Combined	Pedestrians & Bicyclist Separately	Cost
Permanent ↑ 2. How Long? ↓ Temporary/ Short Term	Inductance Loops ¹	●			◐	\$\$
	Magnetometer ²	○				\$-\$\$
	Pressure Sensor ²	○	○	○	○	\$\$
	Radar Sensor	○	○	○		\$-\$\$
	Seismic Sensor	○	○	○		\$\$
	Video Imaging: Automated	○	○	○	○	\$-\$\$
	Infrared Sensor (Active or Passive)	○ ³	●	●	◐	\$-\$\$
	Pneumatic Tubes	●			◐	\$-\$\$
	Video Imaging: Manual	○	○	○	●	\$-\$\$\$
	Manual Observers	●	●	●	●	\$\$-\$\$\$

○ Indicates what is technologically possible.
 ● Indicates a common practice.
 ◐ Indicates a common practice, but must be combined with another technology to classify pedestrians and bicyclists separately.
 \$, \$\$, \$\$\$: Indicates relative cost per data point.
¹ Typically requires a unique loop configuration separate from motor vehicle loops, especially in a traffic lane shared by bicyclists and motor vehicles.
² Permanent installation is typical for asphalt or concrete pavements; temporary installation is possible for unpaved, natural surface trails.
³ Requires specific mounting configuration to avoid counting cars in main traffic lanes or counting pedestrians on the sidewalk.

Tabella 9 | Diagramma semplificato per la scelta del dispositivo di conteggio da utilizzare Grafica della *Federal Highway Administration* in *Traffic Monitoring Guide*

9.2 Programmare il monitoraggio

I flussi di traffico ciclistico e pedonale, come avviene per il traffico motorizzato, hanno variazioni giornaliere, settimanali e annuali. I contatori permanenti sono fondamentali per rilevare e analizzare queste tendenze. Ad essi possono essere associati contatori temporanei,

in luoghi caratterizzati da fattori simili, per avere una maggiore copertura dell'area di studio e poter estendere proporzionalmente le tendenze rilevate nei punti di conteggio permanente a tutto il territorio.

Per attuare un **programma di monitoraggio continuo** dei flussi ciclistici si consiglia di iniziare analizzando i dati esistenti, ovvero i risultati ottenuti da monitoraggi permanenti o temporanei già effettuati nell'area di studio da parte del proprio o di altri enti. Da quest'analisi si può comprendere che dati si hanno già a disposizione, se essi siano sufficienti e, se non lo sono, in che direzione è necessario ampliare il monitoraggio e a che scopo sono stati fino ad oggi utilizzati.

Se sono disponibili dati derivanti da campagne di monitoraggio continue, è possibile analizzarne le variazioni giornaliere, settimanali e annuali, come cambiano i dati con differenti condizioni meteo o in corrispondenza di specifici grandi eventi, come influenzano i dati il diverso uso del suolo, le caratteristiche della popolazione insediata o la situazione geomorfologica e come cambiano in presenza di differenti tipologie di infrastrutture ciclabili.

In base a fattori come il tipo di strada o di infrastruttura ciclabile e il tipo di traffico che ci si aspetta su un arco della rete (tipicamente differenti mix di percorrenze pendolari, ricreative o di utilità per raggiungere servizi) si possono suddividere gli archi secondo diversi gruppi di traffico che avranno comportamenti qualitativi simili. Ognuno di questi schemi di traffico sarà influenzato dal meteo e dalla stagionalità in modo diverso.

Solitamente, una volta determinati i diversi gruppi fattoriali, la scelta migliore è installare un sistema di monitoraggio continuo su una selezione di tre, quattro o cinque archi del gruppo e monitorare solo temporaneamente gli altri. La posizione più indicata è in rettilineo, in piano, su superfici lisce e dove l'infrastruttura è ben delimitata.

Per le stazioni di **monitoraggio temporaneo** si seguono le stesse indicazioni per il posizionamento, privilegiando infrastrutture e itinerari propri della mobilità attiva, punti in cui

sono già state fatte rilevazioni temporanee in passato, luoghi attrattori come scuole e parchi, punti critici o con alto tasso di incidentalità ciclistica e itinerari dove si prevedono nuove realizzazioni per misurare i cambiamenti. Date e orari di rilevazione vengono invece scelti in quei periodi in cui si ritiene di poter registrare i valori medi, così da evitare aggiustamenti successivi per stimare l'andamento giornaliero, settimanale e annuale a partire dai dati delle stazioni di monitoraggio continue. Se il conteggio temporaneo avviene manualmente dovrebbe durare almeno 4 o 6 ore, ma è preferibile arrivare a 12 ore. Se avviene tramite strumentazione automatica dovrebbe durare minimo 7 giorni consecutivi, meglio se 14 [41].

9.3 Il monitoraggio nella terraferma veneziana

9.3.1 Monitoraggio temporaneo

Ogni anno, in un giorno di mercato (mercoledì o venerdì) della *Settimana Europea della Mobilità*, FIAB Mestre effettua un conteggio manuale dei transiti bidirezionali di biciclette e monopattini in alcuni punti strategici della città dalle 7:30 alle 9:30.

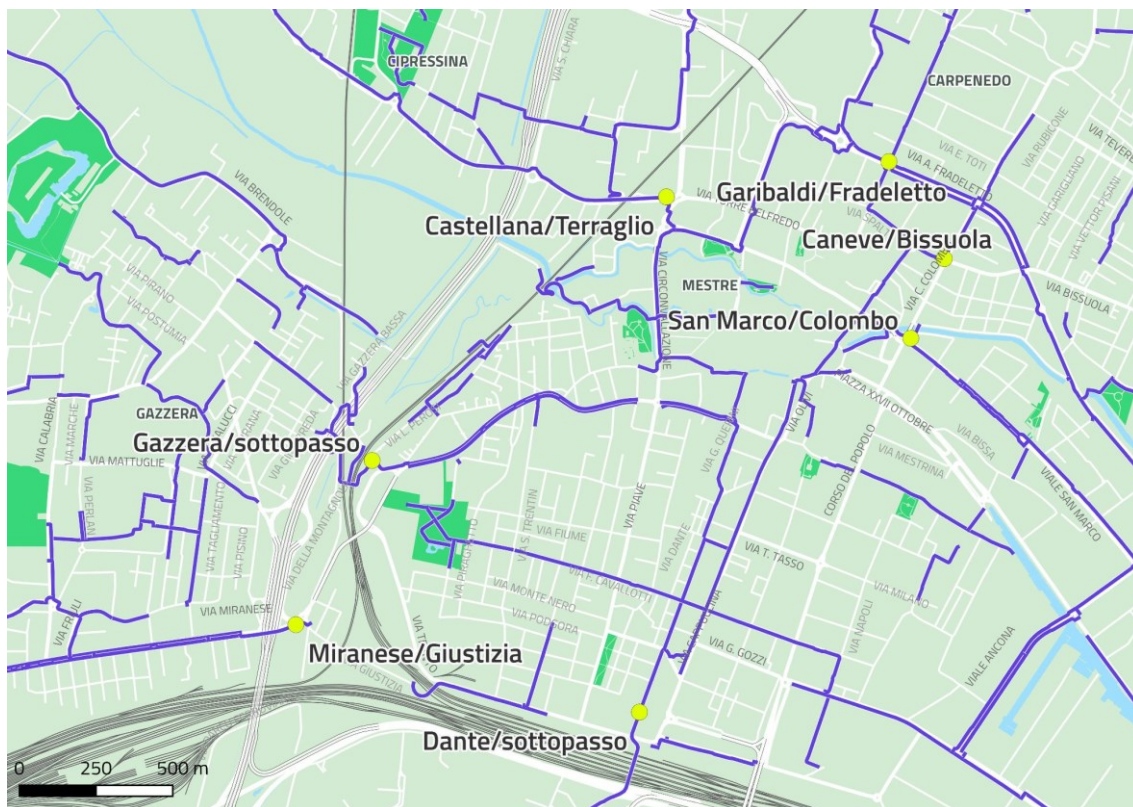


Figura 54 | Mappa dei punti di monitoraggio temporaneo FIAB

Come si può notare dalla mappa i punti di monitoraggio sono disposti sulle principali arterie ciclistiche per l'accesso al centro di Mestre, l'attività si configura pertanto come un'indagine cordonale nell'ora di punta del mattino. La distribuzione dei punti di monitoraggio è più densa a nord in quanto il centro di Mestre è circondato a sud e ad ovest da barriere antropiche come le ferrovie Venezia-Trieste e Venezia-Treviso e arterie stradali come viale della Libertà e la A57 - Tangenziale di Mestre che per la loro natura lineare limitano i punti di attraversamento disponibili, facilitando il monitoraggio. Sul lato est invece, l'area tra il centro e la laguna è una ex zona industriale che si sta lentamente trasformando in commerciale/direzionale. Recentemente FIAB ha introdotto dei nuovi punti di monitoraggio sperimentale anche su questo lato con Capuccina/Carducci e Torino/Ticozzi, ma i dati non sono ancora sufficienti per fare confronti.

I dati di questa attività sono disponibili dal 2014 e sono i seguenti:

Postazioni	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Caneve/Bissuola	727	644	791	716	697	566	751	656	535	467
Garibaldi/Fradeletto			633	524	553	420	582	440	473	355
Dante/sottopasso	1019	620	543	510	555	456	572	367	516	343
Gazzera/sottopasso	321	421	426	481	474	444	507	418	440	349
Miranese/Giustizia	358	406	414	354	346	314	249	248	270	236
Castellana/Terraglio	662	520	704	619	679	451	709	348	457	717
San Marco/Colombo	1032	632	625	345	349	378	1053	257	536	689
TOTALE	4119	3243	4136	3549	3653	3029	4423	2734	3227	3156

Tabella 10 | Dati rilevati dal monitoraggio temporaneo effettuato annualmente da FIAB Mestre

Per meglio comprenderli si propone un rappresentazione grafica:

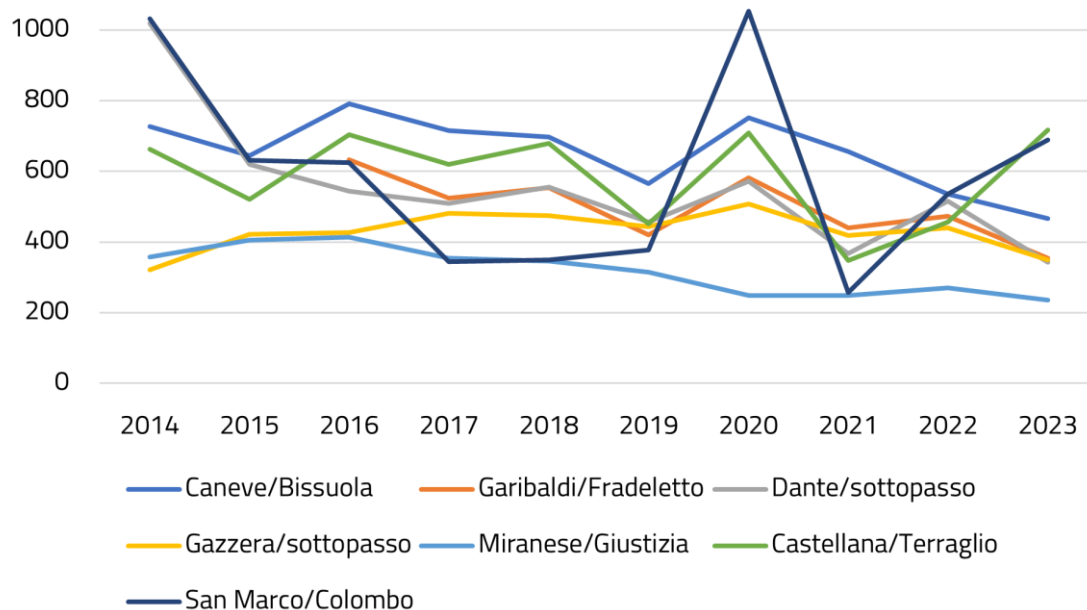


Figura 55 | Rappresentazione grafica dei dati relativi al monitoraggio temporaneo

Il dato raccolto è difficilmente confrontabile da un anno all'altro in quanto la mobilità ciclistica è fortemente influenzata da condizioni meteorologiche e temperature e 2 ore in un solo giorno dell'anno non sono un arco temporale sufficiente per definire tendenze affidabili. Certamente

spicca il dato del 18 settembre 2020, sensibilmente superiore agli altri anni, quando a causa dell'emergenza pandemica e in presenza di una buona rete ciclabile, la bicicletta ha permesso a molti cittadini di evitare i mezzi pubblici e la congestione delle arterie del traffico motorizzato per i loro spostamenti quotidiani.

Interessante notare come, a distinguersi per stabilità del dato nel tempo, considerando i valori da quando sono state introdotte tutte le postazioni nel 2016, sono i punti di monitoraggio più distanti dal centro storico di Mestre, ovvero Gazzera/sottopasso, Miranese/Giustizia e Dante/sottopasso, probabilmente perché caratterizzati da una percentuale più alta di spostamenti sistematici e di maggiore distanza, quindi composta da ciclisti meno numerosi ma più determinati, meno influenzati dal meteo e dalla temperatura.

Calcolando il peso percentuale delle singole postazioni rispetto al totale dei transiti rilevato in quel giorno, in modo da minimizzare l'effetto di fattori esterni come il meteo che in valori assoluti sono più evidenti, possiamo vedere come cambia negli anni il rapporto di forza tra i diversi itinerari di accesso al centro di Mestre:

Postazioni	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Caneve/Bissuola	17,6%	19,9%	19,1%	20,2%	19,1%	18,7%	17,0%	24,0%	16,6%	14,8%
Garibaldi/Fradeletto	0,0%	0,0%	15,3%	14,8%	15,1%	13,9%	13,2%	16,1%	14,7%	11,2%
Dante/sottopasso	24,7%	19,1%	13,1%	14,4%	15,2%	15,1%	12,9%	13,4%	16,0%	10,9%
Gazzera/sottopasso	7,8%	13,0%	10,3%	13,6%	13,0%	14,7%	11,5%	15,3%	13,6%	11,1%
Miranese/Giustizia	8,7%	12,5%	10,0%	10,0%	9,5%	10,4%	5,6%	9,1%	8,4%	7,5%
Castellana/Terraglio	16,1%	16,0%	17,0%	17,4%	18,6%	14,9%	16,0%	12,7%	14,2%	22,7%
San Marco/Colombo	25,1%	19,5%	15,1%	9,7%	9,6%	12,5%	23,8%	9,4%	16,6%	21,8%
TOTALE	4119	3243	4136	3549	3653	3029	4423	2734	3227	3156

Tabella 11 | Peso percentuale delle singole postazioni sul totale di transiti rilevati nelle 2 ore di monitoraggio

I dati percentuali del 2014 e 2015 risultano superiori alla media in quanto una postazione di monitoraggio non era ancora attiva.

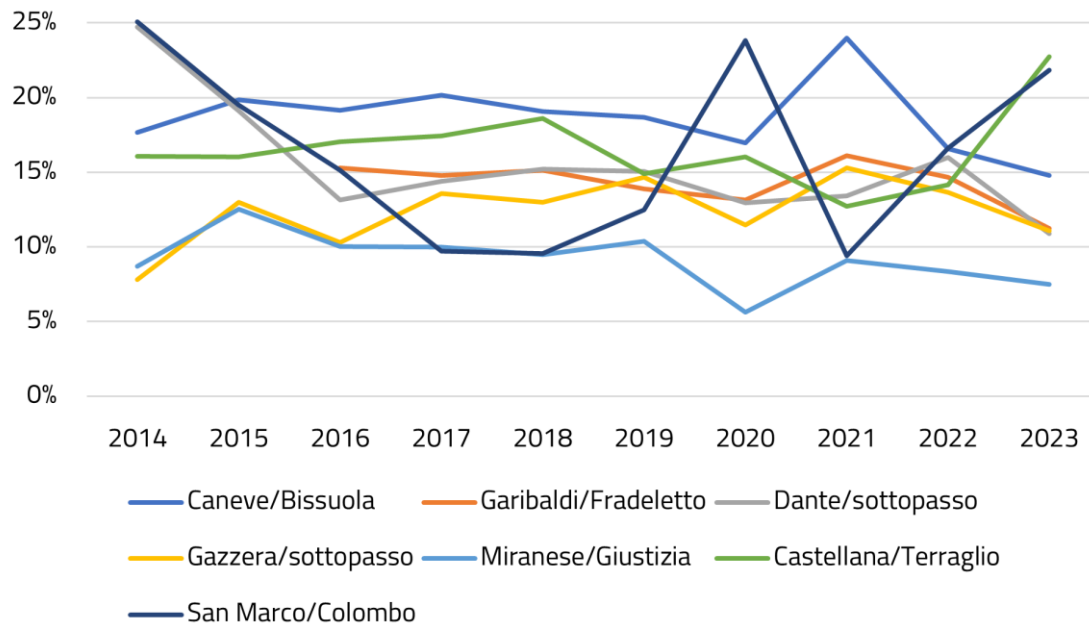


Figura 56 | Rappresentazione grafica del peso percentuale di ciascuna postazione rispetto al totale dei transiti rilevati nelle 2 ore di monitoraggio

Si nota il drastico calo dei transiti avvenuti in San Marco/Colombo, ovvero Piazzale Cialdini, nel 2021, quando erano in corso i lavori volti alla riqualificazione dell'area, e un contestuale aumento dei transiti al varco Caneve/Bissuola, situato su un itinerario alternativo più a nord.

Il 2020, l'anno in cui l'emergenza pandemica si è sentita di più, è stato anomalo anche nella distribuzione dei flussi ciclistici tra i diversi punti di monitoraggio con Piazzale Cialdini (San Marco/Colombo) che ha segnato un picco tanto elevato da sottrarre molti punti percentuali ai dati di Miranese/Giustizia e Gazzera/sottopasso che in valori assoluti sono invece i più stabili negli anni.

9.3.2 Monitoraggio permanente

Da febbraio 2023 è attivo in Piazzale Cialdini il primo contabici permanente del Comune di Venezia, per il monitoraggio continuo della mobilità ciclistica, costituito da una spira induttiva su un percorso ciclopedonale in sede propria, corredata da un totem che ospita un pannello a messaggio variabile per comunicare all'utenza il numero di transiti rilevati in tempo reale.



Figura 57 | Il totem contabici di Piazzale Cialdini a Mestre

Si propone di seguito un'analisi dei dati rilevati dal 1 febbraio al 31 dicembre 2023.

Nel periodo di riferimento sono stati rilevati in totale 521.191 transiti, con una media di 1560 transiti al giorno.

Analizzando l'**andamento medio giornaliero** dei transiti rilevati ogni 15 minuti si ottiene il seguente grafico:

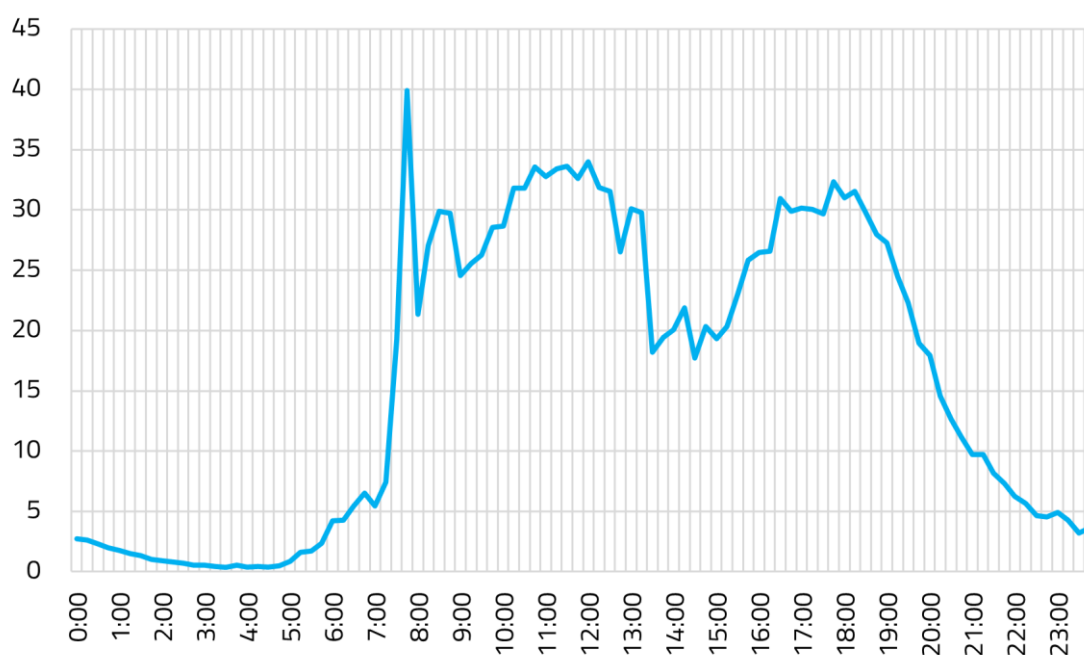


Figura 58 | Grafico dell'andamento medio giornaliero dei transiti rilevati ogni 15 minuti

Risulta subito evidente il picco mattutino in corrispondenza dell'orario d'ingresso a scuola, tra le 7:45 e le 8:00; un secondo picco meno pronunciato si ha tra le 8:30 e le 9:00 probabilmente dovuto all'inizio dell'orario lavorativo della popolazione impiegata nel terziario.

Gli spostamenti si mantengono poi sopra le 30 unità per quarto d'ora dalle 10:30 alle 12:45, prima, in tarda mattinata, per gli spostamenti non sistematici di utilità e, verso pranzo, per gli spostamenti sistematici. Si attesta sulle 30 unità dalle 13:00 alle 13.30 in corrispondenza dell'uscita da scuola che avviene in maniera più lenta e dilazionata rispetto all'ingresso, concentrato invece nell'ultimo quarto d'ora prima del suono della campanella. I dati scendono poi sotto le 25 unità per quarto d'ora nel primo pomeriggio, dalle 13:30 alle 15:45, per tornare attorno alle 30 unità dalle 16:30 alle 18:30 dove gli spostamenti sistematici si sommano a quelli di utilità.

Gli spostamenti diminuiscono poi costantemente fino a scendere sotto le 10 unità per quarto d'ora alle 21:00. Il minimo notturno si raggiunge tra le 2:00 e le 5:15 con meno di 1 transito ogni quarto d'ora.

Se suddividiamo i dati per **giorno della settimana** e ne osserviamo l'andamento orario otteniamo il seguente grafico. Per avere una rappresentazione più stabile e leggibile, quindi meglio sovrapponibile, si è scelto di considerare i dati su base oraria anziché per quarto d'ora.

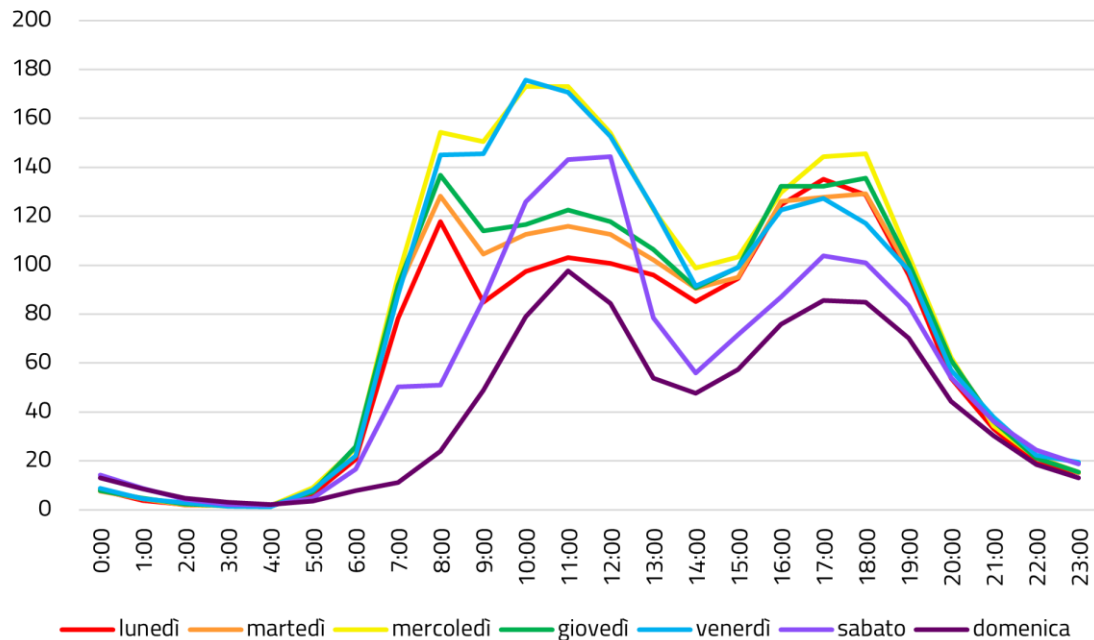


Figura 59 | Grafico dell'andamento medio orario dei transiti nei diversi giorni della settimana

Immediatamente spiccano i dati mattutini del mercoledì e venerdì, molto più elevati rispetto agli altri giorni della settimana. Questo è dovuto al mercato settimanale, geograficamente molto vicino al contabici.

Dal grafico risaltano anche i dati del fine settimana, più bassi rispetto ai giorni lavorativi, e con il picco mattutino spostato più avanti nel tempo, dopo le 10:00, dovuto alla chiusura delle scuole e al tipo di spostamenti. Il sabato, specie al mattino, abbiamo la somma di spostamenti sistematici e non sistematici, dal pomeriggio e per tutta la domenica gli spostamenti non sistematici, ricreativi e d'utilità, dominano il grafico.

Tra i giorni lavorativi senza mercato il lunedì è quello caratterizzato da un minor numero di spostamenti, specie al mattino. Il seguente grafico mostra gli spostamenti totali medi registrati in ciascun giorno della settimana nel periodo di studio.

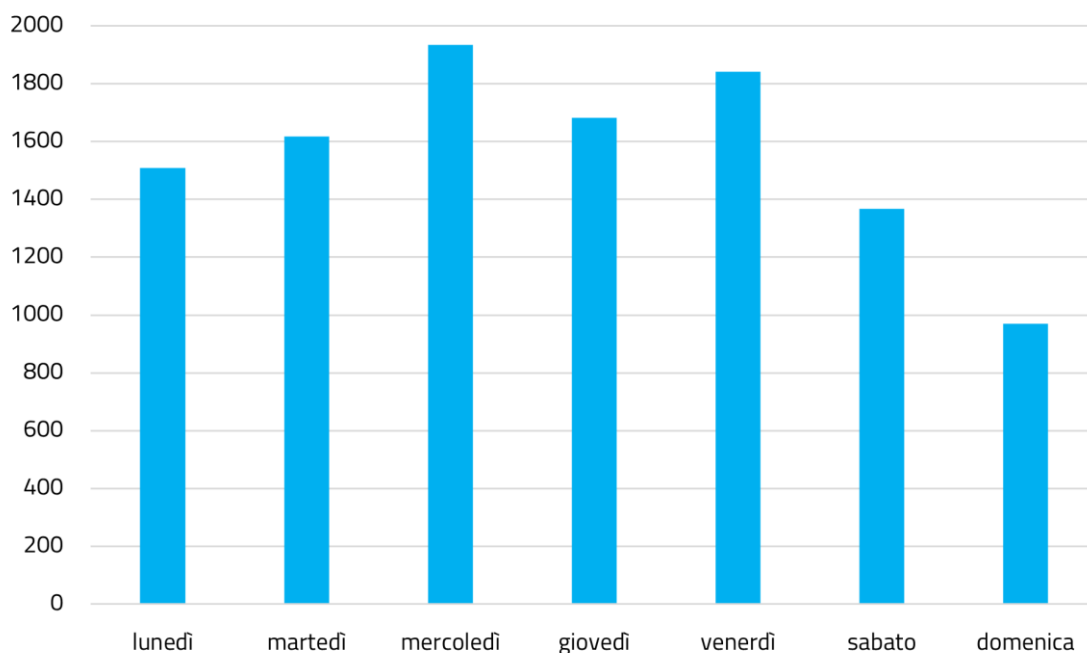


Figura 60 | Grafico dei transiti totali medi registrati in ciascun giorno della settimana

Per analizzare la **stagionalità**, nel grafico seguente si è scelto di rappresentare solo un mese ogni due per facilità di lettura, riportando il totale medio degli spostamenti orari nei diversi mesi.

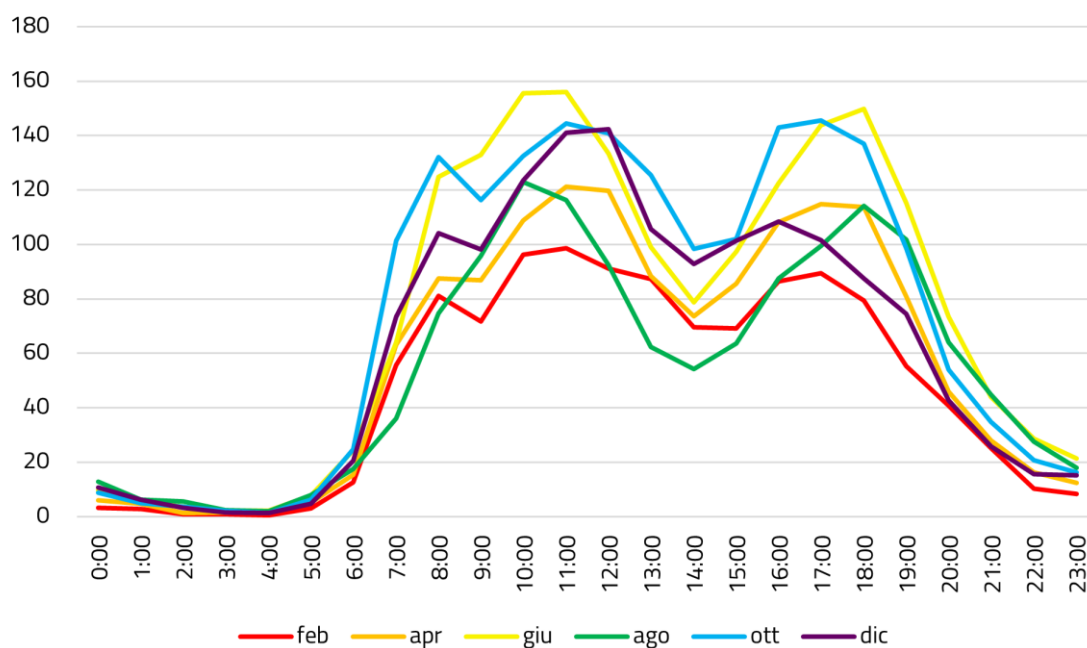


Figura 61 | Grafico dell'andamento medio orario dei transiti nei diversi mesi

Febbraio, nel cuore dell'inverno, è il mese che registra il minor numero di spostamenti in bicicletta. Il grafico cresce progressivamente con l'arrivo della primavera, da aprile fino a giugno. Ad agosto si raggiunge il minimo nelle ore centrali della giornata, le più calde in centro città, dove è collocato il contabici. I mesi autunnali riportano i dati ai livelli di giugno per poi calare a dicembre soprattutto nelle ore pomeridiane, quando l'orario di tramonto si sposta a metà pomeriggio. Si rileva inoltre la differente ripartizione degli spostamenti nell'arco della giornata a seconda del numero e della distribuzione delle ore di luce. Il fenomeno è meno evidente al mattino sia per il cambio dell'ora che per la presenza di un maggior numero di spostamenti sistematici, ma è particolarmente evidente nel ramo discendente tardo pomeridiano e serale, più dilatato avanti nel tempo nei mesi estivi, con giugno, mese del solstizio d'estate, che supera tutti gli altri mesi, seguito da agosto, ottobre, aprile e dicembre e febbraio che chiudono la classifica.

A giugno e in particolare ad agosto spicca la differente forma del grafico negli spostamenti mattutini, con l'assenza del picco dovuto agli spostamenti scolastici.

Nel seguente grafico viene rappresentato il numero di spostamenti medi giornalieri per ciascun mese del periodo di studio.

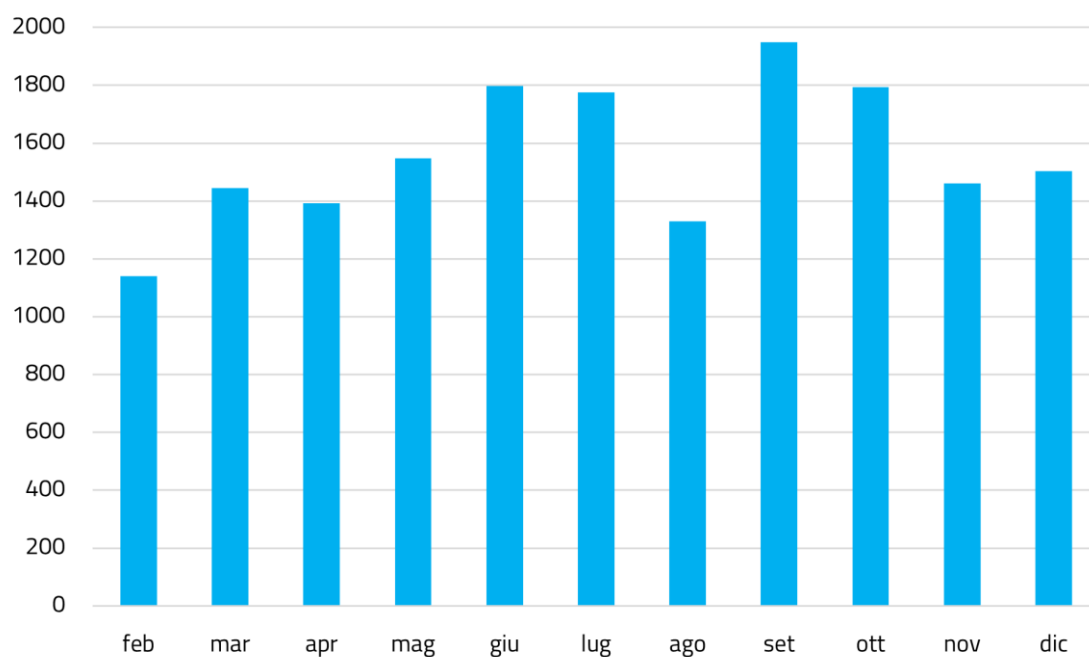


Figura 62 | Grafico nel numero di transiti medi giornalieri in ciascun mese

Se escludiamo il periodo feriale estivo, tra fine luglio e fine agosto, e il periodo natalizio, in cui gli spostamenti non sistematici influiscono visibilmente sulla forma del grafico, si nota come la mobilità ciclistica sia fortemente influenzata dalla stagionalità, con i mesi più caldi caratterizzati da un numero molto maggiore di spostamenti quotidiani in bicicletta.

Infine si è voluto analizzare l'andamento dei transiti orari di quattro settimane, una per stagione, nel grafico seguente.

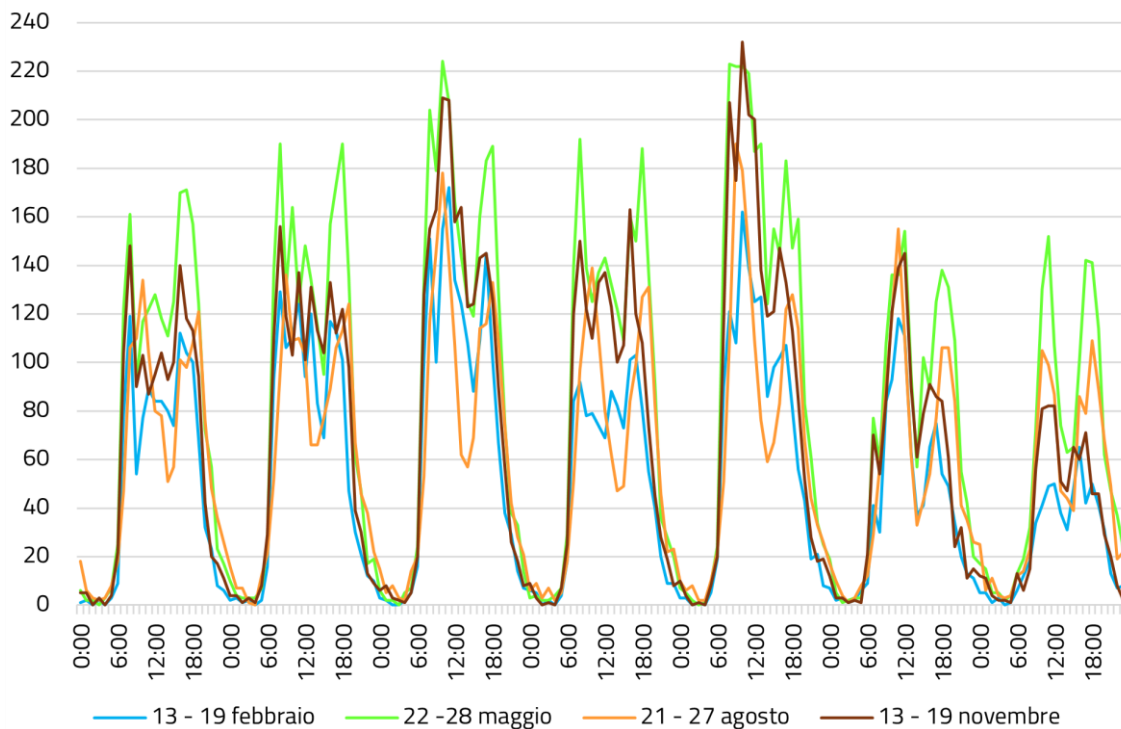


Figura 63 | Confronto grafico dell'andamento orario dei transiti in quattro settimane, una per stagione

Anche in questo caso risaltano i picchi registrati nei giorni di mercato, mercoledì e venerdì, e il minor numero di transiti nei giorni non lavorativi del fine settimana. La differente distribuzione degli spostamenti a seconda delle ore di luce si nota in tutti i giorni della settimana ma risulta particolarmente evidente nelle sere del sabato e della domenica.

Sebbene una giornata non possa essere considerata rappresentativa di un'intera stagione, i picchi negli spostamenti in bicicletta a scopo ricreativo, particolarmente visibili nel grafico delle domeniche, risultano fino a tre volte maggiori nei mesi a clima mite rispetto all'inverno.

Nella settimana 21-27 agosto 2023, caratterizzata da temperature ben oltre i 30 gradi nelle ore più calde, si nota il picco negativo di transiti registrato nelle ore centrali della giornata che scende al di sotto anche dei valori rilevati in pieno inverno.

10 Conclusioni

Durante quest'attività di tesi sono stati mappati e catalogati con un software GIS gli oltre 180 km di infrastrutture ciclabili del Comune di Venezia, comprensivi di piste ciclabili mono e bi direzionali, percorsi promiscui con pedoni, corsie ciclabili e aree pedonali, ottenendo un grafo composto da oltre 3400 elementi lineari distribuiti tra la terraferma e le isole di Lido e Pellestrina. Al fine di favorire la conoscenza e la fruizione del patrimonio ciclabile disponibile da parte della popolazione e dei cicloturisti, la rete ciclabile mappata è stata messa a disposizione del pubblico in piattaforme digitali come OpenStreetMap e Google Maps.

Inoltre, a partire da tale mappatura, è stato sviluppato un gestionale geografico, definendo specifici criteri di classificazione degli elementi della rete e progettando una base dati adeguata a registrare diversi tipi di informazioni utili alla gestione delle attività di progettazione, manutenzione e controllo dell'infrastruttura da parte degli uffici.

La disponibilità di tale grafo digitale georeferenziato della rete ciclabile esistente ha permesso di effettuare analisi spaziali incrociando i dati con quelli provenienti da altre banche dati geografiche come la popolazione residente, il trasporto pubblico, l'incidentalità e i poli attrattori.

Dalle analisi effettuate è emerso che l'infrastruttura esistente serve l'87,06% della popolazione residente nella terraferma veneziana con un itinerario ciclabile a meno di 200 metri dalla relativa abitazione. Svolgendo la stessa analisi, ma in relazione al trasporto pubblico, a seconda del criterio d'analisi, la popolazione servita risulta sempre molto elevata, tra l'85,37% e il 96,50% del totale dei residenti in terraferma. Dalla sovrapposizione tra queste due analisi si sono identificate alcune aree abitate interne, scoperte sia per quanto riguarda la rete ciclabile che per il trasporto pubblico e che richiedono quindi un occhio di riguardo nelle future attività di pianificazione. Allo stesso modo si è proceduto anche in relazione ai poli

attrattori come scuole, stazioni, centri sportivi, parcheggi scambiatori e attrazioni turistiche, suggerendo possibili interventi migliorativi.

Analizzando i dati puntuali dei sinistri stradali che hanno coinvolto biciclette nel territorio comunale, indagando le circostanze e condizioni al contorno che hanno caratterizzato l'evento incidentale, nonché la sua collocazione geografica, è stato possibile formulare diverse ipotesi di miglioramento e implementazione della rete stradale e ciclabile al fine di incrementare il livello di sicurezza dell'infrastruttura e meglio proteggere l'utenza debole dal dilagante fenomeno della violenza stradale.

Attraverso l'analisi della domanda di mobilità, con un apposito software di pianificazione dei trasporti, è stato possibile definire quanto l'attuale rete ciclabile migliori le prestazioni della rete stradale nel suo complesso, ottenendo una riduzione dell'8,09% delle percorrenze espresse in veicoli-km. L'assegnazione tramite il software ha permesso di definire inoltre la percentuale degli spostamenti effettuati su rete stradale e su rete ciclabile, ottenendo una diagnosi dell'efficienza e della capillarità della rete ciclabile esistente. Sono stati poi identificati i tratti stradali frequentati da flussi ciclistici consistenti e i tratti ritenuti pericolosi in relazione ai flussi automobilistici e di mezzi pesanti che li percorrono. Analizzando le singole coppie origine – destinazione è stato possibile individuare quelle con il più alto fattore di deviazione, sintomo dell'assenza di adeguati collegamenti tra le relative zone di traffico, e sono state avanzate ipotesi puntuali per la realizzazione di percorsi più diretti e lineari.

Infine si sono analizzati i dati dei monitoraggi temporanei e permanenti eseguiti nel territorio comunale, individuando dinamiche intraperiodali e interperiodali nei flussi ciclistici. Dall'analisi è emersa la difficoltà nel trarre conclusioni attendibili a partire dai dati dei monitoraggi temporanei effettuati annualmente da volontari nella Settimana Europea della Mobilità. Il monitoraggio permanente offre invece una visione molto più scientifica, precisa e dettagliata del fenomeno. Si suggerisce quindi di espandere il numero di dispositivi fissi utilizzati per il monitoraggio, per poter comprendere ancora più nel dettaglio il fenomeno, la sua variazione

nelle diverse tipologie infrastrutturali e nei diversi contesti territoriali e la sua evoluzione nel tempo.

I risultati che sono emersi dalle analisi effettuate in questa tesi possono essere utilizzati come basi scientifiche per supportare e guidare gli uffici e l'amministrazione comunale nelle scelte di pianificazione e di sviluppo future, portando a soddisfare esigenze di mobilità oggi disattese o addirittura ancora inesprese, aprendo nuove opportunità di scelta modale per i cittadini.

Il gestionale geografico realizzato apre la strada a molti usi e applicazioni. La rete ciclabile è interfacciabile con qualsiasi altro dato spaziale per approfondire le reciproche interazioni. Sicuramente una possibile ulteriore analisi è quella delle aziende con più di 100 dipendenti servite dalla rete ciclabile e dal trasporto pubblico, ovvero quelle tenute a redigere un piano spostamenti casa-lavoro. Le aziende che finora hanno presentato almeno un piano sono già state mappate nel gestionale.

Un'ulteriore possibilità di approfondimento riguarda il rilievo sul campo delle larghezze puntuali dei percorsi mappati, per le quali è già stato predisposto un campo nel gestionale. Questo dato permetterebbe di capire quali tratti siano a norma con le dimensioni previste per legge e quali richiedano invece interventi di adeguamento.

A partire dalla rete mappata è possibile sviluppare un vero e proprio applicativo online pubblico e indipendente in grado di calcolare percorsi per supportare l'utente nella pianificazione dei suoi spostamenti in bicicletta, come avviene a Torino con la piattaforma *B.U.N.E.T. – Bike's Urban Network in Torino* [42] che permette agli utenti di definire anche quali caratteristiche prediligere nella scelta del percorso tra: rapidità, pendenza e sicurezza.

11 Bibliografia

- [1] ISFORT, *20° Rapporto sulla mobilità degli italiani*, AUDIMOB 2023.
- [2] ISTAT, *Annuario Statistico Italiano 2023*, 2023.
- [3] Commissione Europea, *Insieme verso una mobilità urbana competitiva ed efficace sul piano delle risorse*, COM(2013) 913.
- [4] Commissione Europea, *Verso una nuova cultura della mobilità urbana - Libro Verde*, COM(2007) 551.
- [5] Commissione Europea, *Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile*, COM(2011) 144.
- [6] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Linee guida per la redazione dei Piani Urbani della Mobilità Sostenibile*, D.M. 397 4 agosto 2017.
- [7] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Modifica delle linee guida per la redazione dei Piani Urbani della Mobilità Sostenibile*, D.M. 396 28 agosto 2019.
- [8] Commissione Europea, *Piano d'azione sulla mobilità urbana*, COM(2009) 490.
- [9] Convenzione di Aarhus, *Accesso all'informazione, partecipazione dei cittadini e accesso alla giustizia in materia ambientale*, Aarhus, Danimarca, 1998.
- [10] Rupprecht Consult, «Linee guida per la redazione dei PUMS,» Commissione Europea, 2019.

- [11] Progetto CiViTAS - Commissione Europea, «Manuale per l'integrazione delle misure in un PUMS,» [Online]. Available: <https://sumps-up.eu/publications-and-reports/>.
- [12] C. Meneguzzer, *Orizzonti per la mobilità, elementi di pianificazione dei sistemi di trasporto*, Padova: Cleup, 2020.
- [13] *Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la realizzazione della rete nazionale di percorribilità ciclistica*, L. 2 11 gennaio 2018.
- [14] Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, *Piano generale della mobilità ciclistica 2022 - 2024*, D.M. 23 agosto 2022.
- [15] Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica e lo Sviluppo Sostenibile, *Piano Nazionale della Sicurezza Stradale 2030*, Delibera CIPESS 14 aprile 2022, n. 13.
- [16] P. Jacobsen, *Safety in numbers: More walkers and bicyclists, safer walking and bicycling*, 2003.
- [17] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Linee guida per la redazione e l'attuazione del Biciplan*, ottobre 2020.
- [18] Ministero dei Lavori Pubblici, *Regolamento per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili*, D.M. 557 30 novembre 1999 .
- [19] *Nuovo Codice della Strada*, D.L. 285 30 aprile 1992.
- [20] *Misure urgenti in materia di salute e di sostegno al lavoro e all'economia - decreto 'Rilancio'*, D.L. 34 19 maggio 2020.
- [21] *Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale - decreto 'Semplificazioni'*, D.L. 76 16 luglio 2020.

- [22] S. Deromedis, *Il manuale delle piste ciclabili e della ciclabilità*, Portogruaro (VE): Ediciclo Editore, febbraio 2019.
- [23] CROW fietsberaad, *Design Manual for Bicycle Traffic*, Ede (Paesi Bassi), dicembre 2016.
- [24] ETSC - European Transport Safety Council, *Forgiving roadsides*, Bruxelles, 1998.
- [25] CEDR - Conference of European Directors of Roads, *Forgiving roadsides design guide*, Novembre 2012.
- [26] Comune di Venezia, [Online]. Available: <https://www.comune.venezia.it/it/content/il-territorio>.
- [27] Associazione Culturale "Terra Antica", Dicembre 2021. [Online]. Available: <https://www.terraantica.org/?p=3359>.
- [28] S. Barizza, «Mestre, città del novecento,» Treccani, 2002. [Online]. Available: [https://www.treccani.it/enciclopedia/la-citta-del-novecento-mestre_\(altro\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/la-citta-del-novecento-mestre_(altro)/).
- [29] Legambiente, *Ecosistema Urbano 2023*, 2023.
- [30] ACTV - Azienda del Consorzio Trasporti Veneziano, [Online]. Available: <http://www.actv.it/opendata/>.
- [31] TOD - Transport Oriented Development, [Online]. Available: <http://www.tod.org/>.
- [32] Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, *Piano Strategico Nazionale Mobilità Sostenibile*, 2019.
- [33] Commissione Europea, *Urban Road Safety and Active Travel in Sustainable Urban Mobility Planning*, Settembre 2019.
- [34] ISTAT, *Rapporto incidenti stradali 2022*, luglio 2023.

- [35] Commissione Europea, *Road Safety Thematic Report - Cyclists*, Giugno 2022.
- [36] COSES - Consorzio per la Ricerca e la Formazione, [Online]. Available: <http://coses.comune.venezia.it/>.
- [37] National Cooperative Highway Research Program, *Methods and Technologies for Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection*, 2014.
- [38] Cerema, Dipartimento dell'Isère, «Comparaison de compteurs temporaires de trafic cyclable,» Grenoble, gennaio 2023.
- [39] National Cooperative Highway Research Program, *Methods and Technologies for Pedestrian and Bicycle Volume Data Collection: Phase 2*, 2017.
- [40] Federal Highway Administration, *Traffic Monitoring Guide*, 2016.
- [41] Federal Highway Administration, *Traffic Monitoring Guide*, 2022.
- [42] Città di Torino, «B.U.NE.T. - Bike's Urban Network in Torino,» [Online]. Available: <https://www.bunet.torino.it/>.

Ringraziamenti

Ringrazio il mio relatore, il Prof. Luca Della Lucia, per l'autonomia e la libertà che mi ha concesso nella stesura della tesi e al contempo per la pronta e puntuale risposta alle mie richieste.

Ringrazio i miei professori e l'Ateneo di Padova per questi due stimolanti anni di crescita e formazione e per aver messo a disposizione nel corso di laurea magistrale in Ingegneria Civile un indirizzo trasportistico così specifico e completo come "*Sistemi e Infrastrutture di Trasporto*".

Ringrazio i correlatori, il Dott. Matteo Stevanato e l'Arch. Chiara Riccato del *Servizio Pianificazione della Mobilità e Piste Ciclabili* del Comune di Venezia, per la grande disponibilità dimostrata in questi 6 mesi di tirocinio, per i preziosi consigli e la loro empatia.

Ringrazio tutto il personale del *Servizio Pianificazione* e più in generale del *Settore Viabilità e Mobilità Terraferma* per l'accoglienza e il clima instaurato.

Infine, ma non per importanza, ringrazio la mia famiglia e gli amici che, sempre disponibili all'ascolto, hanno sostenuto il mio percorso e mi hanno incoraggiato nei momenti difficili con buoni consigli, spensieratezza e tanto affetto. Grazie!