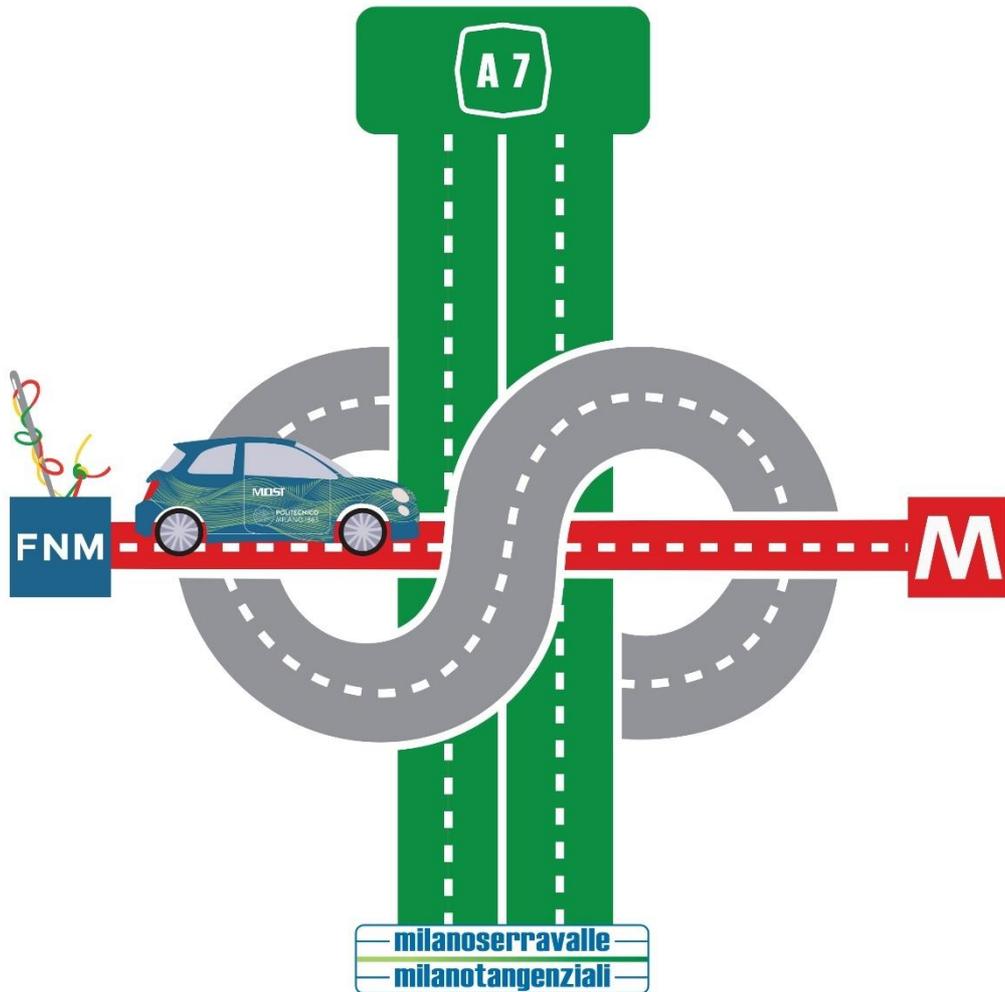


Redefining Connection Across Every Destination



MILANO

May 2025
Serravalle Future Drive

1 AIDA e il progetto Serravalle Future Drive

In questo documento viene descritto il progetto di guida autonoma AIDA – *Artificial Intelligence Driving Autonomous* sviluppato dal Politecnico di Milano, illustrandone la sua visione. Gli obiettivi includono una mobilità innovativa e sostenibile, partendo dallo sviluppo di una tecnologia di guida autonoma in grado di rivoluzionare il modello di mobilità attuale, contribuendo al progresso di soluzioni avanzate per migliorare la sicurezza stradale, ottimizzare la gestione del traffico e ridurre l’impatto ambientale della mobilità urbana.

In particolare, il progetto sperimentale **Serravalle Future Drive**, realizzato in collaborazione con *Milano Serravalle – Milano Tangenziali S.p.A.*, rappresenta un passo significativo verso l’integrazione della guida autonoma all’interno delle infrastrutture già esistenti. Questo progetto si inserisce nell’area di ricerca “*Urban Opera*”, un’iniziativa dedicata alla sperimentazione della guida autonoma su strada pubblica con l’obiettivo di testare le tecnologie in scenari reali e valutarne il potenziale impatto sulla mobilità cittadina.

1.1 AIDA: la mobilità del futuro in Italia

Il progetto AIDA – *Artificial Intelligence Driving Autonomous* è un’iniziativa di ricerca promossa dal Politecnico di Milano e parte del MOST – Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile. Il fine ultimo del progetto è garantire una mobilità più sicura e sostenibile, contribuendo a ridurre i problemi di congestione del traffico e l’impatto ambientale. In questo contesto, la guida autonoma, con le sue molteplici applicazioni, rappresenta un elemento chiave per trasformare il sistema di trasporto pubblico e privato, ponendo le basi per rispondere efficacemente alle crescenti esigenze dei cittadini.

1.1.1 I problemi dell’attuale modello di mobilità

Il modello di mobilità odierno è il risultato di un lungo percorso evolutivo segnato da numerose innovazioni tecnologiche. In origine, il trasporto si basava sulla trazione animale, supportato da infrastrutture limitate che consentivano solo spostamenti lenti e locali. L’avvento dell’automobile ha rivoluzionato questo scenario, introducendo un sistema indipendente e flessibile. Dal XX secolo, la diffusione delle automobili e la conseguente espansione delle infrastrutture stradali hanno ridefinito la configurazione urbana e la mobilità personale, favorendo un modello di trasporto

incentrato sull'auto di proprietà. Questo modello ha sostenuto la crescita economica e sociale, contribuendo allo sviluppo della società moderna. Tuttavia, oggi emerge la necessità di una nuova rivoluzione, poiché il sistema attuale presenta criticità sempre meno sostenibili per le città e per il pianeta.

Infatti, una delle principali problematiche è l'elevato numero di automobili, sproporzionato rispetto alla quantità di utenti effettivi. Questo squilibrio è causa di un utilizzo inefficiente del parco veicoli: infatti in media un'automobile percorre una distanza in chilometri estremamente ridotta rispetto alle capacità e alla vita media di un veicolo. Ciò significa che la maggioranza delle automobili viene utilizzata poco e non è sfruttata al massimo delle sue potenzialità e risorse, rimanendo ferma per la maggior parte della giornata e aumentando la congestione dei parcheggi.

Questa inefficienza riguarda soprattutto la mobilità e le automobili ad alimentazione elettrica. Sebbene l'elettrificazione riduca le emissioni di gas serra e l'impatto ambientale dell'automobile, l'attuale modello di utilizzo delle batterie elettriche nell'auto privata ne limita considerevolmente i benefici: il lungo ciclo vitale delle batterie viene sfruttato solo in una minima percentuale, evidenziando una forte contraddizione tra il costo elevato dell'auto elettrica e l'utilizzo effettivo delle risorse. In altre parole, il modello attuale di mobilità privata e l'elettrificazione rappresentano una combinazione difficile da sostenere, senza nemmeno determinare un cambiamento strutturale del sistema di trasporto.

1.2 Serravalle Future Drive

AIDA, partendo dalla sua visione innovativa della mobilità del futuro, ha sviluppato all'interno dell'area "*Urban Opera*" un progetto ambizioso, volto a sperimentare la guida autonoma in diversi contesti stradali, con l'obiettivo di creare un servizio di navetta autonoma per collegare vari nodi della città.

In collaborazione con *Milano Serravalle – Milano Tangenziali S.p.A.*, è stato definito un percorso sperimentale che mira a esplorare le dinamiche e le tecnologie della guida autonoma in contesti sia urbani sia autostradali, con il fine di ottimizzare l'uso delle infrastrutture esistenti tramite un modello di mobilità multimodale. L'obiettivo della sperimentazione è infatti quello di raccogliere dati per sviluppare un servizio di navetta autonoma che colleghi un hub di *Milano Serravalle –*

Milano Tangenziali S.p.A. situato a Cantalupa, un quartiere periferico di Milano, con la fermata della metropolitana M2 *Famagosta* di ATM. Il progetto intende studiare la fattibilità di un sistema di mobilità condivisa che colleghi una zona periferica, accessibile solo tramite trasporto privato, al sistema di trasporto pubblico, sfruttando i mezzi di trasporto esistenti e rendendoli facilmente raggiungibili e fruibili.



Figura 1.1: Logo del progetto

Questa iniziativa rappresenta un banco di prova per i test delle tecnologie di guida autonoma sviluppate da AIDA, poiché offre la possibilità di applicarle a tipologie di contesti stradali molto differenti. Le principali complessità tecnologiche riguardano la gestione delle interazioni con il traffico, l'adattamento a strade con velocità variabili e, soprattutto, la gestione delle rampe di immissione e uscita autostradali, che rappresentano una sfida significativa per gli algoritmi di controllo e pianificazione di guida autonoma. Al termine della sperimentazione, l'aspettativa è quella di aver sviluppato un AI-driver affidabile, che permetta alla vettura di operare con precisione su strade urbane e autostradali, interagendo con diverse tipologie di utenti e rispettando le regole del Codice della Strada.

La collaborazione con un'azienda specializzata nel settore delle infrastrutture riveste un ruolo chiave nel progetto: la sperimentazione consentirà infatti di raccogliere dati utili per valutare l'adattamento delle strade, al fine di renderle integrate con questa tecnologia innovativa. Sebbene gli algoritmi di guida autonoma sviluppati da AIDA siano progettati per operare indipendentemente

dalla rete infrastrutturale, interagendo in modo autonomo con utenti e ostacoli grazie a un'intelligenza artificiale capace di sostituire la guida manuale, anche le infrastrutture possono evolversi e contribuire alla trasformazione della mobilità. Diventa quindi essenziale valutare il livello di prontezza dell'ambiente stradale, identificando criticità e aree di intervento per favorire un'integrazione ottimale con la guida autonoma. Lo sviluppo e l'implementazione di tecnologie avanzate per la comunicazione *Vehicle to Infrastructure* (V2I) possono abilitare uno scambio continuo di informazioni tra veicoli e ambiente circostante, supportando la diffusione della guida autonoma su strade pubbliche e migliorando sicurezza e affidabilità del servizio navetta. I dati raccolti offriranno diverse tipologie di indicazioni utili agli enti responsabili delle infrastrutture, consentendo di ridurre le criticità ambientali e ottimizzare le condizioni operative dei veicoli autonomi, con l'obiettivo di garantire la massima affidabilità del sistema.

1.2.1 Le caratteristiche della sperimentazione

L'obiettivo del progetto Serravalle Future Drive è testare un prototipo di navetta autonoma su strada pubblica, valutandone la capacità di adattarsi a condizioni di traffico variabili, rispettare i limiti del Codice della Strada e interagire in sicurezza con tutti gli utenti della strada. Nel corso dei 12 mesi di sperimentazione, la tecnologia di guida autonoma ha affrontato diversi round sperimentali, mettendo alla prova gli algoritmi e raccogliendo esperienza rispetto ai casi reali che si possono verificare nel contesto stradale.

Il sistema ha dimostrato la capacità di navigare in situazioni complesse e imprevedibili, come il traffico intenso o condizioni meteorologiche avverse. Le giornate di test sono servite per sviluppare e migliorare continuamente gli algoritmi di guida autonoma, consentendo al veicolo di adattarsi dinamicamente al contesto e ai cambiamenti nel tempo.

Durante la sperimentazione, è stato raccolto un ampio insieme di dati, in conformità con l'Art. 12, c. 1, lettera e) del Decreto Ministeriale n. 70, 28 febbraio 2018, e successive modificazioni. Questi dati sono stati cruciali per valutare la fattibilità della guida autonoma, assicurando il rispetto delle normative del Codice della Strada. Sebbene ci fosse sempre un supervisore dietro al volante, il vero intervento umano è rappresentato dalla supervisione remota (descritta successivamente nel dettaglio), che può essere attivata nei casi in cui il veicolo dovesse incontrare situazioni eccezionali o difficili. In questi casi, la control room può intervenire per fornire indicazioni e risolvere il

problema. L'intervento dell'uomo è quindi essenziale per insegnare all'AI-driver come comportarsi in determinate occasioni, fino a quando non sarà in grado di gestirle autonomamente. L'obiettivo finale è, infatti, completare diversi tragitti in modalità completamente autonoma, adattandosi a tutte le condizioni di traffico e ambiente e ottimizzando progressivamente il sistema durante la raccolta dei dati.

Di seguito vengono descritti nel dettaglio gli aspetti principali della sperimentazione, che includono la vettura, il ruolo del co-pilota, la supervisione remota e la tratta sperimentale, evidenziandone il ruolo e le caratteristiche.

La vettura

Per il progetto, una Fiat 500 elettrica, fornita dal partner tecnico Fassina, è stata equipaggiata con la tecnologia di guida autonoma sviluppata dal Politecnico di Milano. Il veicolo, omologato per la circolazione ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica 24 novembre 2001, n. 474, è stato trasformato in un'auto completamente autonoma grazie a un allestimento hardware dedicato, descritto in dettaglio nel seguito. L'autorizzazione ministeriale ottenuta nel dicembre 2024 ha consentito poi di testarlo su strada pubblica.



Figura 1.2: Fiat 500e per il progetto *Serravalle Future Drive*

La scelta di un'utility elettrica sottolinea le applicazioni concrete della guida autonoma, dimostrando come questa tecnologia possa integrarsi perfettamente in un contesto urbano con un'auto compatta, agile ed efficiente. Inoltre, l'alimentazione elettrica favorisce la sostenibilità e, se combinata con la guida autonoma, offre un servizio flessibile che sfrutta al massimo i vantaggi dell'elettrificazione e della mobilità condivisa.

Il team AIDA, infatti, sta lavorando per sviluppare un modello di mobilità sicuro, basato su pochi veicoli piccoli, elettrici, autonomi e condivisi. Il traguardo finale è liberare spazio urbano per i cittadini e promuovere la mobilità leggera, integrando l'auto nel sistema di trasporto pubblico.

La tecnologia

Per testare la guida autonoma in scenari reali, la Fiat 500 elettrica, fornita dal partner tecnico Fassina, è stata equipaggiata con un AI-driver (o robo-driver) del Politecnico di Milano. Il veicolo è stato dotato di un sistema avanzato di intelligenza artificiale che gli permette di raccogliere numerosi dati dall'ambiente circostante, analizzare le informazioni in tempo reale e muoversi in autonomia, grazie allo sviluppo di complessi algoritmi. In particolare:

- *Sensori*: telecamere, LiDAR, radar e antenne GNSS per la percezione dell'ambiente.
- *Attuatori*: controllo avanzato di sterzo, acceleratore e freno.
- *Unità di calcolo*: un supercomputer per l'elaborazione dei dati in tempo reale per la guida autonoma.
- *Connettività e supervisione remota*: permette il monitoraggio dei dati del veicolo, in modo continuo e sicuro, tramite l'utilizzo di reti 4G/5G
- *Software*: algoritmi di percezione, localizzazione, pianificazione e controllo sviluppati per la navigazione su strada nel pieno rispetto delle normative del Codice della Strada.
- *Intelligenza artificiale*: permette al veicolo di riconoscere situazioni complesse, imparare a gestire diversi scenari acquisendo esperienza fino a prendere decisioni autonome in tempo reale, adattandosi dinamicamente alle condizioni della strada

Il supervisore di guida autonoma

Per garantire la massima sicurezza, durante i round sperimentali la vettura è sempre stata monitorata da un supervisore istruito e autorizzato dal Ministero competente, che ha seguito una

formazione specifica sulla guida del veicolo autonomo e sulla tecnologia stessa e che è in grado di intervenire tempestivamente, se necessario. Il co-pilota siede al posto di guida e ha sempre la possibilità di riprendere il controllo del veicolo attraverso i comandi tradizionali di sterzo e pedali, che rimangono attivi durante tutta la fase di sperimentazione.

Per ottenere l'autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, il co-pilota deve soddisfare i requisiti stabiliti dal Decreto Ministeriale di riferimento per le sperimentazioni, al fine di attestare la sua idoneità al ruolo.

Il percorso sperimentale

Il percorso selezionato per la sperimentazione della vettura a guida autonoma è stato progettato congiuntamente dal Politecnico di Milano e da *Milano Serravalle Milano Tangenziali S.p.A.* Il tracciato segue un anello che parte dalla località di Cantalupa, un quartiere situato nella periferia sud-ovest di Milano, e si sviluppa attraverso un tratto dell'autostrada A7, in concessione a Milano Serravalle, per poi proseguire lungo le strade del Comune di Milano fino a raggiungere la stazione della metropolitana M2 *Famagosta*. Il percorso viene completato con il ritorno dalla fermata M2 al punto di partenza. Questa struttura ad anello chiuso consente di testare il sistema in due contesti stradali distinti: quello autostradale e quello urbano, permettendo di valutarne le prestazioni in scenari con condizioni operative molto differenti.

Il tratto autostradale, con velocità di marcia più elevate, offre un ambiente con condizioni meno variabili, ma richiede prestazioni elevate in termini di stabilità, affidabilità e gestione delle manovre di sorpasso o cambio di corsia. La rampa di immissione, in particolare, rappresenta una fase cruciale del percorso, poiché richiede un controllo preciso della velocità, una valutazione in tempo reale dello spazio disponibile e la capacità di inserirsi fluidamente nel flusso di traffico autostradale. Questo segmento permette di testare la capacità della navetta autonoma di gestire situazioni di traffico dinamico con alta velocità.

Il tratto urbano, invece, presenta una sfida completamente diversa, con traffico congestionato, incroci, semafori e interazioni con pedoni e ciclisti. La gestione di queste variabili richiede algoritmi sofisticati in grado di rispondere rapidamente a condizioni stradali imprevedibili, fornendo un quadro completo delle capacità della guida autonoma in situazioni ad alta densità di traffico e di presenza di utenti stradali.



Figura 1.3: Percorso sperimentale

Ogni fase del percorso fornisce informazioni preziose per l'ottimizzazione degli algoritmi di guida autonoma, con particolare attenzione al riconoscimento dei semafori e dei pedoni in ambiente urbano, e alla gestione delle manovre ad alta velocità in ambito autostradale. La raccolta dei dati in questi diversi contesti è fondamentale per migliorare le prestazioni del sistema, con l'obiettivo di perfezionare la capacità di adattamento del veicolo ai vari scenari stradali.

Inoltre, il percorso è stato progettato per la realizzazione della navetta autonoma e multimodale che, in futuro, potrà essere utilizzata come mezzo di collegamento tra un hub autostradale di *Milano Serravalle - Milano Tangenziali S.p.A.* nella zona periferica di Cantalupa e la stazione *Famagosta* della metropolitana milanese. Questo servizio integrato, che non mira a sostituire le infrastrutture esistenti ma a ottimizzarle, fornisce un importante strumento di mobilità per i cittadini, combinando l'autonomia del veicolo con le reti di trasporto pubblico esistenti.

La sperimentazione consente quindi di valutare le capacità della navetta nell'affrontare tratte urbane e autostradali, ma anche di esaminare l'efficacia del sistema di trasporto autonomo, raccogliendo dati fondamentali per future implementazioni e miglioramenti nelle soluzioni di mobilità integrata.

La supervisione remota

Un aspetto distintivo e innovativo delle sperimentazioni condotte da AIDA è la supervisione remota. Si tratta di un sistema di controllo avanzato che consente a un operatore umano di monitorare e, se necessario, intervenire sulla guida autonoma di un veicolo a distanza. Questa interazione avviene attraverso una stazione di controllo dotata di un'interfaccia con strumenti che forniscono in tempo reale informazioni dettagliate sullo stato del veicolo, il suo ambiente circostante e la traiettoria prevista. L'operatore della supervisione remota non guida direttamente il mezzo, ma ha la possibilità di interagire con il sistema, ad esempio inviando comandi per modificare il percorso, gestire situazioni di emergenza o risolvere eventuali incertezze dell'intelligenza artificiale, soprattutto in casi limite, ovvero scenari complessi o non previsti durante la fase di addestramento del veicolo. Questo approccio garantisce che il veicolo possa continuare a operare in modo sicuro anche in scenari in cui l'autonomia completa non sarebbe sufficientemente efficace.

Il sistema si basa su una connessione sicura, affidabile e stabile, che utilizza una rete 4G con protocollo TCP tra il veicolo e la base station. Questo consente all'operatore di prendere il controllo degli attuatori, modificare la traiettoria o arrestare il veicolo in caso di necessità.

Come illustrato nella *Figura 1.4*, l'interfaccia di supervisione permette di verificare il funzionamento dei vari sottosistemi, l'attivazione dell'autopilota e l'errore laterale rispetto alla traiettoria di riferimento. Queste informazioni sono fondamentali per il co-pilota, che può intervenire tramite sterzo e freno, e per l'operatore alla base station, che valuta le azioni da imporre al veicolo in base alla situazione.



Figura 1.4: Interfaccia supervisione remota

L'implementazione di questa tecnologia presenta alcune criticità da gestire:

- la latenza della comunicazione, che può compromettere lo scambio di informazioni in tempo reale;
- l'affidabilità e stabilità della connessione, essenziali per il corretto funzionamento della telemetria;
- la privacy e la sicurezza dei dati raccolti, per garantirne l'accesso solo agli autorizzati;
- la scalabilità del servizio, affinché il supervisore remoto possa gestire più veicoli contemporaneamente.

L'integrazione della supervisione remota rappresenta quindi un elemento chiave per rendere la guida autonoma affidabile e applicabile in contesti reali. Oltre ad aumentare la sicurezza e migliorare le prestazioni del sistema, questo approccio permette di supportare l'apprendimento dell'algoritmo, affinando progressivamente la sua capacità di gestire scenari complessi, imparando ad affrontare un numero sempre maggiore di casi limite. Inoltre, assicura un intervento immediato anche in assenza di un supervisore a bordo, consentendo al veicolo di gestire situazioni impreviste e contribuendo a una transizione graduale verso una mobilità sempre più autonoma e connessa.

1.3 La multimodalità per risolvere i problemi della mobilità nelle città italiane

Il servizio di navetta sviluppato nell'ambito del progetto Serravalle Future Drive, una volta operativo, è progettato per integrarsi nella rete di trasporto pubblico milanese con un approccio multimodale. L'intento non è sostituire i mezzi di trasporto esistenti, ma piuttosto arricchire e potenziare il sistema già in uso, migliorando i collegamenti con le aree periferiche della città. La sperimentazione permetterà di valutare l'efficacia di un sistema automatizzato in un contesto multimodale, fornendo dati e spunti concreti per i futuri sviluppi e l'eventuale scalabilità di tale servizio.

La mobilità multimodale prevede l'utilizzo combinato di diversi mezzi per completare un unico spostamento, ottimizzando tempi e risorse. Metropolitana, tram, autobus, treni, bike-sharing e car-sharing possono interagire per creare un sistema più accessibile e sostenibile. Integrare diverse modalità di trasporto consente di raggiungere un maggior numero di destinazioni, migliorando l'efficienza complessiva della rete e riducendo la congestione urbana.

Un elemento chiave di questo approccio è la presenza di hub intermodali, punti di scambio che connettono il trasporto pubblico a soluzioni di mobilità condivisa. Questa configurazione permette

di sperimentare soluzioni innovative per un'integrazione più efficiente tra trasporto pubblico e mobilità autonoma.

Per comprendere appieno l'importanza della multimodalità, uno dei concetti chiave della navetta autonoma sperimentale, è fondamentale partire dall'analisi del sistema di trasporto pubblico esistente in Italia e da come questo si integri con le esigenze di pianificazione degli spostamenti urbani.

1.3.1 La mobilità pubblica nelle città italiane

Negli ultimi decenni, i cambiamenti climatici e la crescente richiesta di stili di vita più sostenibili, orientati alla protezione dell'ambiente e al benessere dei cittadini, hanno stimolato lo sviluppo di progetti destinati a trasformare i contesti urbani.

Un aspetto centrale nella pianificazione delle città del futuro è la mobilità, con l'obiettivo primario di ridurre le emissioni di CO₂ e ottimizzare il flusso dei veicoli. Per raggiungere questo traguardo, è fondamentale incentivare l'uso dei mezzi di trasporto pubblici, che giocano un ruolo determinante nell'efficienza del sistema urbano. Nel contesto italiano, i sistemi di trasporto pubblico nelle principali città rappresentano una base indispensabile per comprendere le sfide e le opportunità legate alla mobilità sostenibile. Nonostante molte città italiane abbiano sviluppato reti di trasporto articolate, permangono problematiche legate alla congestione del traffico, alla sostenibilità delle flotte di veicoli e alla gestione integrata delle diverse modalità di trasporto, tutte questioni che richiedono soluzioni innovative.

La multimodalità può rappresentare una risposta efficace per rispondere a queste esigenze. Integrando diverse modalità di trasporto, come metropolitane, autobus, tram, car-sharing e bike-sharing, è possibile ottimizzare l'uso delle infrastrutture esistenti, migliorando la copertura del servizio e riducendo la congestione. Questo approccio permette di ridurre la dipendenza dall'auto privata, con benefici per l'ambiente e per la qualità della vita urbana. Inoltre, favorendo l'integrazione tra diverse soluzioni di mobilità, la multimodalità facilita gli spostamenti, migliorando l'efficienza del trasporto pubblico e aumentandone l'accessibilità, in particolare nelle aree meno servite o periferiche. In questo modo, si crea un sistema di trasporto più fluido, sostenibile e in grado di rispondere meglio alle esigenze quotidiane dei cittadini.

Il progetto Serravalle Future Drive si inserisce nel contesto della mobilità Milanese e, con l'introduzione della guida autonoma, ha il potenziale di fornire dati significativi per valutare la fattibilità di un sistema di trasporto ancora più integrato e ottimizzato. I risultati della sperimentazione potranno contribuire a esplorare nuove possibilità di estensione del servizio, migliorando i collegamenti con le periferie e ampliando le opzioni di mobilità per i cittadini.

Oltre agli aspetti tecnici e infrastrutturali, il progetto rappresenta un'opportunità per analizzare l'impatto della guida autonoma sulla mobilità urbana, non solo in termini di efficienza e sostenibilità, ma anche di accettazione da parte dei cittadini. L'esperienza acquisita potrà fornire indicazioni utili per sviluppi futuri, delineando possibili scenari in cui i veicoli autonomi possano integrarsi in modo armonico nel contesto urbano. In questo modo, Serravalle Future Drive non si limita a testare una tecnologia emergente, ma si configura come un tassello fondamentale nel percorso di evoluzione della mobilità milanese.