

Università degli Studi *Mediterranea* di Reggio Calabria, Dipartimento di Architettura e Territorio dArTe  
Dottorato di Ricerca in Architettura e Territorio - XXXIII ciclo



***La mobilità autonoma e connessa per la trasformazione  
dell'ambiente urbano contemporaneo.  
Ipotesi di implementazione progettuale nella città metropolitana  
di Catania***

*Dottorando:* Arch. Andrea Bartucciottio

*Tutor:* Prof.ssa Arch. Francesca Moraci



Università degli Studi *Mediterranea* di Reggio Calabria  
Dipartimento di Architettura e Territorio - dArTe

Dottorato di Ricerca in Architettura e Territorio XXXIII ciclo

*Dottorando:*

Arch. Andrea Bartucciotto

*Tutor:*

Prof.ssa Arch. Francesca Moraci

*Coordinatore:*

Prof. Ing. Adolfo Santini

*Collegio dei Docenti:*

Ottavio Salvatore Amaro

Marinella Arena

Raffaella Campanella

Francesco Cardullo

Alberto De Capua

Francesca Fatta

Giuseppe Fera

Vincenzo Fiamma

Gaetano Ginex

Massimo Lauria

Maria Teresa Lucarelli

Martino Milardi

Valerio Morabito

Francesca Moraci

Gianfranco Neri

Daniela Porcino

Venera Paola Raffa

Ettore Rocca

Antonello Russo

Adolfo Santini

Antonella Blandina Maria Sarlo

Marcello Sestito

Rita Simone

Alba Sofi

Rosa Marina Tornatora

Michele Trimarchi

Corrado Trombetta



# Indice

<i>Introduzione</i>	6
<i>Obiettivi e finalità della ricerca</i>	10
<i>Breve nota metodologica e articolazione della ricerca</i>	12
<b>CAPITOLO 1 – Città, mobilità e innovazione tecnologica</b>	14
1.1 Lo spazio della strada	15
1.2 Trasformazioni urbane e tecnologie della mobilità	18
1.2.1 <i>L'epoca industriale</i>	19
1.2.2 <i>Paradigmi di città nel '900</i>	26
1.2.3 <i>L'epoca moderna</i>	35
1.2.4 <i>Gli anni '50 e '60 e la diffusione dell'automobile</i>	41
1.2.5 <i>L'epoca contemporanea</i>	47
1.3 Governare le transizioni. Strumenti normativi e di gestione	52
1.3.1 <i>Il contesto italiano. I piani per i trasporti e la mobilità</i>	56
1.3.2 <i>Requisiti e condizioni urbanistiche</i>	60
1.3.3 <i>Norme funzionali e geometriche delle strade e delle intersezioni</i>	63
<b>CAPITOLO 2 – Mobilità autonoma e connessa. Verso future transizioni urbane nell'era digitale</b>	69
2.1 AI e città: verso la mobilità autonoma e connessa	70
2.1.1 <i>Concetti e termini</i>	71
2.1.2 <i>Livelli di automazione</i>	74
2.1.3 <i>Tempistiche di diffusione</i>	81
2.2 Potenziali impatti AV sulla città	84
2.2.1 <i>Visioni di trasformazioni urbane</i>	84
2.2.2 <i>Come cambia lo spazio della strada e i parcheggi</i>	94
2.2.3 <i>Traffico, accessibilità e localizzazione</i>	96
2.3 Strategie politiche, normative e sviluppo urbano sostenibile	98
2.3.1 <i>Il contesto europeo</i>	98
2.3.2 <i>Il contesto italiano</i>	104
2.3.3 <i>La smart road all'interno della politica nazionale</i>	106
2.4 Sfide per una nuova transizione urbana	111
2.5 Considerazioni conclusive	115

<b>CAPITOLO 3 – Sperimentazioni e casi studio</b>	117
3.1 La Smart Road di Anas S.p.a.	121
3.1.1 <i>Elementi principali</i>	121
3.1.2 <i>Concept della Smart Road</i>	128
3.2 Trikala, Grecia	131
3.2.1 <i>Il contesto</i>	132
3.2.2 <i>La sperimentazione e il percorso</i>	134
3.2.3 <i>Adeguamenti infrastrutturali</i>	138
3.3 La Rochelle, Francia	140
3.3.1 <i>Il contesto</i>	140
3.3.2 <i>La sperimentazione e il percorso</i>	141
3.3.3 <i>Adeguamenti infrastrutturali</i>	144
3.4 Aalborg East, Danimarca	145
3.4.1 <i>Il contesto</i>	145
3.4.2 <i>La sperimentazione e il percorso</i>	148
3.4.3 <i>Adeguamenti infrastrutturali</i>	151
<b>CAPITOLO 4 – Sperimentare il futuro: ipotesi di implementazione progettuale della mobilità autonoma e connessa in una città metropolitana italiana. Il caso di Catania</b>	152
4.1 Motivi della scelta e l’approccio metodologico	153
4.2 Contesto attuale	159
4.2.1 <i>Inquadramento territoriale</i>	159
4.2.2 <i>Sistema delle infrastrutture e dei trasporti urbani</i>	161
4.2.3 <i>Sistema della mobilità urbana</i>	170
4.2.4 <i>Dotazione delle attrezzature e dei servizi pubblici</i>	179
4.3 Scenario tendenziale di riferimento nel breve-medio periodo (2025-2030)	181
4.3.1 <i>Sistema delle infrastrutture e dei trasporti urbani</i>	181
4.3.2 <i>Sistema della mobilità urbana</i>	187
4.3.3 <i>Dotazione delle attrezzature e dei servizi pubblici</i>	189
4.4 Sviluppo di uno scenario urbano “ibrido” alternativo di transizione alla mobilità autonoma e connessa	191
4.4.1 <i>Ipotesi 1 – Mobilità privata</i>	191
4.4.2 <i>Ipotesi 2 – Mobilità pubblica</i>	196
4.5 Abaco delle nuove regole di progetto a scala urbana	201
<b>CAPITOLO 5 – Considerazione conclusive</b>	205
<b>GLOSSARIO</b>	210
<b>APPENDICE</b>	217
I. Specifiche funzionali delle Smart Road, allegato A al Decreto MIT 28 febbraio 2018	
II. Intervista all’Ing. Luigi Carrarini	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	219

## *Introduzione*

Parlare oggi di città significa riflettere su come affrontare in modo nuovo le sfide che la dimensione urbana ci mette di fronte per garantire una buona qualità della vita.

Il paradigma dello sviluppo sostenibile passa dalle città che possono essere il “rimedio alla crisi globale” (ONU, 2015). L’Agenda ONU 2030 e l’Agenda Urbana dell’Unione Europea (UE), hanno individuato gli obiettivi e le sfide per le città del futuro, condividendo l’identica visione di uno sviluppo equilibrato, sostenibile e integrato delle città.

L’Agenda Urbana, in particolare, individua le sfide prioritarie che ruotano intorno alla pianificazione delle aree urbane: qualità dell’aria, cambiamenti climatici, uso sostenibile del suolo, inclusione sociale, pressione demografica, transizione digitale e la mobilità urbana. Gli accordi a livello globale ed europeo riconoscono dunque a città e governi locali un ruolo determinante per raggiungere gli obiettivi dello sviluppo sostenibile.

Attualmente oltre 4 miliardi di persone, corrispondenti al 55% della popolazione globale, vivono nelle città; si stima che due terzi della popolazione mondiale vivrà nelle città nel 2050 <sup>1</sup>.

Le sfide che le città si trovano a fronteggiare sono di natura economica (competitività e occupazione), ambientale (inquinamento di aria, acqua, suolo e rifiuti) e sociale (emarginazione, disuguaglianze e disintegrazione del tessuto sociale).

L’emergenza climatica ed ambientale, già in atto, stanno provocando impatti e fenomeni di frequenza ed intensità sempre più importanti e con essi lo sconvolgimento degli ecosistemi e della ricchezza di biodiversità che sostengono la vita, con conseguenze anche sulla salute e il futuro dell’uomo; in tal contesto, la mobilità urbana costituisce la causa principale di congestione e di emissioni di gas serra, in particolare nelle regioni altamente motorizzate e dipendenti dall’auto.

Per prevenire le serie conseguenze derivanti dalle predette sfide è necessario rendere le città intelligenti, inclusive, sicure, resilienti e a misura d’uomo; temi interconnessi, difficilmente affrontabili con interventi isolati, che richiedono dunque un approccio sistemico associato alla visione di quale modello di città si vuole raggiungere.

Un nuovo modello di sviluppo all’insegna della sostenibilità dove l’economia circolare, la mobilità urbana, la forestazione rappresentano alcune concrete strade da intraprendere senza perdere più tempo.

In tal contesto l’economia circolare si pone come opportunità per ripensare il sistema, permettendo di riesaminare il modo in cui produciamo e utilizziamo le cose di cui abbiamo bisogno. Tale visione sta rappresentando la soluzione per ridisegnare le città di domani. Una città circolare istituisce infatti un sistema urbano rigenerativo, che mira ad eliminare il concetto di scarto, rifiuto e di spreco, a mantenere i beni al valore più alto in ogni momento grazie al supporto della tecnologia e del digitale, ad aumentare la vivibilità e migliorare la resilienza per la città stessa e per i propri cittadini.

Un ruolo importante per la “transizione verso le città circolari” è svolto dai centri urbani che contribuiscono significativamente alle problematiche del cambiamento climatico e

---

<sup>1</sup> World Urbanization Prospects 2018: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>

del sovrasfruttamento delle risorse. Implementare strategie di economia circolare - riduzione, riciclo e riuso - contribuisce a raggiungere gli ambiziosi obiettivi di decarbonizzazione previsti dall'ONU e dall'Europa, limitando i rischi collegati ai cambiamenti climatici (riscaldamento globale con aumento delle concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera, andamento delle precipitazioni variabile, scioglimento di ghiaccio e neve con conseguente innalzamento del livello medio del mare).

A livello europeo è senz'altro degno di nota la rilevanza data dal recente Piano d'Azione per l'Economia Circolare<sup>2</sup> dell'Unione Europea al ruolo delle città e dei territori nel realizzare la transizione verso un modello di economia circolare, allo scopo di reimmaginare il modello economico, ed in cui le città hanno un ruolo chiave; difatti le città consumano circa i due terzi dell'energia e sono responsabili di una quantità simile di emissioni<sup>3</sup>. Di fronte a queste difficili sfide, dunque, le città costituiscono potenzialmente le protagoniste della transizione verso la circolarità.

Il concetto di città circolare segue quello di *smart city*. Il fenomeno *smart city* ha assunto negli ultimi anni una crescente rilevanza nel dibattito scientifico e nella prassi operativa nazionale ed internazionale, configurandosi come una delle opportunità pratiche per ripensare le città e più in generale la vita delle comunità urbane. Ma, dopo aver raccolto un rilevante bagaglio teorico, le città "intelligenti" sono entrate in una fase critica ed ora è necessario sviluppare un percorso più realistico e sostenibile.

Sebbene non sia facile operare una netta distinzione, la città circolare rappresenta il volto sostenibile della *smart city*; un passaggio da una visione focalizzata principalmente sulle nuove tecnologie e sui vantaggi che queste possono offrire a una visione in cui le tecnologie continuano ad avere un ruolo importante, ma sono inserite in una visione olistica in cui gli obiettivi sono di competitività economica, sostenibilità ambientale e inclusione sociale.

L'innovazione è il motore dell'economia circolare; una transizione di questo tipo non può svilupparsi attraverso l'ottimizzazione del modello esistente. Nell'affrontare il tema della trasformazione circolare della città, dunque, è necessario considerare e ripensare la città in tutte le sue dimensioni e nella sovrapposizione tra piani tradizionali (infrastrutture, mobilità, etc) e nuovi, collegati alle nuove tecnologie, alla digitalizzazione e all'*internet of things* (IoT). Promuovere e supportare l'innovazione, al fine di definire nuove idee e soluzioni per affrontare e risolvere problemi e sfide che riguardano la città, rappresenta uno dei motori per incoraggiare questa transizione. A riguardo, il ripensamento della mobilità, e degli edifici, sarà fondamentale sia per la vita della città che per l'impatto ambientale che queste avranno su scala globale. Questa è la direzione verso la quale si stanno muovendo molte città che hanno fatto della circolarità l'architrave della loro transizione. Di certo, le soluzioni e politiche possibili sono molteplici e differenti tra loro. Tra queste, un'iniziativa molto interessante è stata sviluppata a Parigi: la Città dei 15 minuti, basata sull'idea di riorganizzare le aree urbane per migliorare sia le condizioni di vita delle persone che dell'ambiente<sup>4</sup>. Da quanto

---

<sup>2</sup> European Commission, Circular Economy Action Plan, 2020.

<sup>3</sup> World Economic Forum, Circular Economy in Cities. Evolving the Model for a Sustainable Urban Future, 2018

<sup>4</sup> Sviluppata da Carlos Moreno, docente di architettura alla Sorbona di Parigi, e ripresa da molte città nell'era post-Covid e da C40 (<https://www.c40.org/>), l'iniziativa *Ville du quart d'heure* prevede che le necessità urbane quotidiane, dal lavoro al divertimento, siano raggiungibili in quindici minuti, a piedi o in bicicletta.

emerge, appare verosimile che gli spazi urbani saranno necessariamente più versatili, flessibili ma anche più salubri e più verdi; aree compatte in cui i servizi siano facilmente accessibili accompagnata da una riduzione degli spostamenti lavorativi quotidiani.

Sul quadro delineato erompe, nell'ultimo anno, la pandemia da Covid-19 che ha ulteriormente e radicalmente modificato la vita e le consuetudini dell'uomo, trasformando di conseguenza anche l'organizzazione delle città. Lo scoppio della pandemia, all'inizio del 2020, ha avuto un impatto significativo sulla vivibilità delle città nell'immediato, e con ogni probabilità ne avrà anche nel medio e lungo termine.

Se da un lato i recenti eventi hanno consolidato la consapevolezza – che già stava maturando prima della pandemia – della necessità di una transizione verso un modello sostenibile, dall'altro hanno introdotto aspetti nuovi di cui bisognerà tenere conto in futuro. Il *lockdown* ha fatto emergere nuove considerazioni su come ripensare l'interazione fisica, la gestione degli spazi abitativi e lavorativi e lo stesso uso dei mezzi di trasporto, segnando un'improvvisa accelerazione dei processi tecnologici e di digitalizzazione della città. Un evento tragico che, tuttavia, ha indotto molti paesi ad un significativo cambio di passo, costringendo ad una marcia a tappe forzate, a partire dallo *smart working*, in direzione di una più decisa digitalizzazione di attività e processi.

Anche i sistemi di mobilità sono stati duramente impattati dalla pandemia, e questo ha reso necessario un loro riadattamento ed un'opportunità per accelerare o creare nuovi scenari positivi per la mobilità urbana. Già prima della diffusione del virus, del resto, i paradigmi di mobilità europei erano in piena transizione.

Le sfide legate alla mobilità, centrali per le città in termini sia di emissioni sia di congestione del traffico, dovranno essere affrontate su due parametri principali: la transizione digitale (diffusione delle connessioni ultraveloci 5g) e la transizione ecologica (riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, sviluppo del trasporto rapido di massa, rinnovo del trasporto pubblico locale con mezzi a basso impatto ambientale – in particolare veicoli elettrici - sviluppo delle infrastrutture di ricarica elettrica). Entra così nel vivo la sfida della *smart mobility* in Italia sull'onda dei fondi e dei progetti annunciati nell'ambito del *Recovery Plan*, che alla trasformazione ecologica e digitale ha assegnato buona parte dei fondi messi a disposizione dall'Europa nell'ambito del recentissimo programma Next Generation EU (NGEU) per la ripresa economica post-Covid.

Pertanto, l'era della rivoluzione “digitale” sembra aprire l'ambiente urbano contemporaneo ad una nuova stagione di innovazione, dove la città – infrastruttura complessa – è il campo in cui si giocano le grandi sfide.

Le grandi trasformazioni tecnologiche attualmente in atto, avranno effetti di enorme portata su ogni aspetto della nostra vita, e la mobilità, specie quella sostenibile, non farà eccezione. La mobilità sarà infatti uno dei settori che nel futuro prossimo subirà i cambiamenti più significativi grazie ai progressi compiuti negli ultimi anni nel campo dell'”IoT e dell'”*Artificial Intelligence* (AI). Questi sembrano essere in grado di aprire a scenari di innovazione e trasformazione della città contemporanea, grazie anche ad una conoscenza più approfondita delle dinamiche e dei fenomeni urbani. Grazie a tali progressi, le città iniziano a migliorare la mobilità, acquisendo dati da tutti gli *input*

disponibili – segnaletica stradale, videocamere e dispositivi integrati nel trasporto pubblico - e analizzandoli pertanto grazie all'AI, per poi condividerli mediante le raccolte di *open data*. In tal senso, la città supera il concetto di smart city ed approda all'ideale della città aumentata per migliorare la qualità della vita dei cittadini, sfruttando le nuove tecnologie in cui i flussi dei *big data* sono gestibili sfruttando le potenzialità dell'AI.

La possibile capacità della città di poter interagire, di dare e ricevere informazioni tra nodi interconnessi di diverse scale e nature (infrastruttura, edifici, elementi dello spazio pubblico, mezzi di trasporto) apre ad una nuova strada per riflettere e sviluppare nuove visioni strategiche per una migliore vivibilità dell'ambiente urbano.

Ciò genera una costante consapevolezza per quanto riguarda le condizioni che possono essere utilizzate per la gestione del traffico, la pianificazione degli itinerari, la sicurezza pubblica e la risposta in caso di emergenza. Insieme, questi sensori, microfoni e videocamere “intelligenti” sono in grado di promuovere un modello in base a ciò che accade nelle strade, autostrade ed anche nelle linee ferroviarie della città in tempo reale. Grazie all'aiuto dell'AI, questa consapevolezza è in grado di trasformare la gestione passiva del traffico in sistemi di trasporto intelligente attivi. Questi sistemi sono in grado di prevedere la congestione, di deviare il traffico in modo automatico, riprogrammare l'illuminazione e applicare un oedaggio dinamico per favorire gli spostamenti in città. Di fatto, gli avanzamenti odierni della tecnologia “digitale” e “intelligente” hanno creato nuove opportunità per ripensare alla mobilità e allo spazio pubblico della città. Come il passato testimonia, la nascita e l'evoluzione delle città è da sempre stata affiancato a quelle delle tecnologie e dell'organizzazione dei sistemi di mobilità e dei trasporti.

Quello di mobilità è un concetto dinamico ed evolutivo che, in risposta al rinnovamento delle esigenze individuali e collettive, ha assunto nel tempo connotati sempre più olistici e articolati. Non più esclusivamente riconducibile al movimento e allo spostamento di merci e di persone, nella mobilità si esprimono le relazioni complesse con l'ambiente e con il territorio e, dunque, ineludibili istanze – oltre che di sicurezza e di adeguamento infrastrutturale - di salvaguardia ambientale, innovazione tecnologica, informazione e connessione digitale. Strade e autostrade “intelligenti” - *smart road* - dotate di sensori della generazione IoT e “connesse” al 5G nonchè stazioni per la ricarica dei veicoli elettrici, oggi possono contribuire a migliorare in termini di ambientali e di sicurezza.

Di fronte al rapidissimo progresso tecnologico-digitale, in fase di ridefinizione del paradigma della mobilità urbana, le città dovrebbero dunque compiere un *upgrade*, un passo in avanti verso la *digital transformation* dello spazio delle infrastrutture viarie, e passare da mero “contenitore” di oggetti *smart* ad essere/diventare una forma di piattaforma interconnessa con gli *users* urbani, capace di poter aprire ad opportunità per fronteggiare alcune delle attuali esigenze del vivere contemporaneo.

Molti esperti ritengono che l'AI stia per cambiare radicalmente sia il sistema di trasporto che i *layout* della città. Si tratta di una rivoluzione considerevole che influirà sia sulla forma che sullo sviluppo dell'ambiente urbano prossimo. Dovremo quindi pianificare due spazi (quello fisico e quello immateriale della città - città aumentata), acquisire conoscenze progettuali e comportamentali adeguate, confrontarci con un nuovo spazio giuridico dell'innovazione, che ci spingerà a modificare leggi, piani, rapporti ed altro

ancora, portandoci anche verso una nuova etica pubblica. In particolar modo parte di questa dirompente trasformazione viene riconosciuta ad innovative forme di mobilità “intelligente” considerate il futuro della scena urbana: i veicoli a guida autonoma e connessa (AV). L’avvento della tecnologia AV potrebbe incoraggiare una mobilità più condivisa, fornire servizi di mobilità economica su richiesta e svolgere un ruolo vitale nei sistemi di trasporto sostenibili, fornendo soluzioni che potrebbero facilitare la multi-modalità e perseguire, quindi, i maggiori intenti delle politiche urbane che mirano a promuovere una sostenibilità intelligente delle città.

In tale prospettiva, la mobilità AV arriverà presto nei centri urbani, generando notevoli cambiamenti sia nel modo in cui i cittadini si muovono sia sullo spazio delle infrastrutture urbane. Anche l’Unione Europea, le linee governative nazionali e soggetti interessati alla pianificazione della mobilità hanno iniziato a discutere gli approcci alla pianificazione dell’automazione stradale, soprattutto a livello territoriale, e il rapporto centrale tra l’innovazione tecnologica e le infrastrutture della viabilità urbana.

Molte città, sia a livello internazionale che europeo, hanno avviato dimostrazioni urbane a scala “di quartiere” dei veicoli a guida autonoma condivisi – cosiddetti *shuttle*-, dai quali poter riflettere sui possibili modelli ed infrastrutture della mobilità per i centri urbani della città di domani.

### *Obiettivi e finalità della ricerca*

Lo sviluppo urbano è sempre stato influenzato dall’innovazione tecnologica, soprattutto legata alla mobilità e al trasporto.

In passato abbiamo assistito alle grandi trasformazioni in ambito urbano introdotte dalle nuove tecnologie e mezzi per la mobilità. Basti pensare dal cavallo alla macchina, dalla macchina ai treni, dai treni alla metropolitana, dalla metropolitana all’alta velocità. Tutti elementi fisici, diversamente tecnologici, che hanno nell’ultimo secolo cambiato e trasformato sia il territorio che i centri urbani, che il nostro stile di vita, in cui la mobilità ha spesso cambiato e condizionato le geografie del vivere.

L’integrazione della mobilità, intermodalità e infrastrutture è uno degli obiettivi della pianificazione per uno sviluppo più sostenibile all’interno delle nostre città. Questi incidono molto sulla progettazione degli spazi e nodi urbani<sup>5</sup> e nel modo in cui si definiscono i collegamenti tra livello di trasporto pubblico locale (TPL) e le interconnessioni con le grandi reti, quali i corridoi *Trans-European Transport Network* (TEN-T). Le reti TEN-T mirano a favorire l’interconnessione delle reti infrastrutturali nazionali e le loro interoperabilità, con lo scopo di realizzare un’unica rete transeuropea completa, integrata e multimodale tra trasporto terrestre, marittimo e aereo, che comprenda e colleghi tutti gli Stati membri dell’UE, in maniera intermodale ed

---

<sup>5</sup> Secondo la definizione elencata negli orientamenti TEN-T (regolamento (UE) n. 1315/2013), un “nodo urbano” indica un’area urbana in cui l’infrastruttura di trasporto della rete transeuropea di trasporto (TEN-T) è collegata ad altre parti di quella infrastruttura e con l’infrastruttura per il traffico regionale e locale. I nodi urbani sono diventati parte integrante dello sviluppo della TEN-T. Svolgono ruoli chiave come centri socioeconomici e tecnologici nella struttura della rete e dovrebbero svolgere la loro funzione per la TEN-T, ovvero la connessione tra le arterie di trasporto, la connessione delle modalità e la connessione dei diversi strati di trasporto.

interoperabile, per contribuire alla realizzazione, entro il 2050, di uno spazio unico europeo dei trasporti basato su un sistema di trasporti competitivo ed efficiente, con la rete di connessione *core* tra i nodi urbani-città metropolitane e i nodi intermodali strategici di maggiore rilevanza. Ma tali reti non sono soltanto delle reti infrastrutturali fisiche ma anche degli spazi di innovazione e di sperimentazione per la realizzazione delle *smart road*.

La linea di ricerca riflette sui prossimi, se non già attuali, paradigmi di mobilità con il potenziale per rivoluzionare lo spazio urbano, quindi una trasformazione radicale della città contemporanea. A fronte di un ottimismo per la tecnologia, vi è un alto grado di dubbio su come le nuove forme di mobilità autonoma entreranno nelle aree urbane, in particolare per quanto riguarda il loro impatto sulla organizzazione dell'infrastruttura di trasporto, considerata la forma urbana delle nostre città, i centri storici, la struttura, etc. Da quanto emerso dalla letteratura scientifica di settore, il prossimo paradigma di mobilità urbana - autonoma e connessa - è stato studiato più come elemento altamente tecnologico-prestazionale in sé, in rapporto all'accettazione sociale, al "dilemma" etico in caso di incidentalità e all'efficienza dei flussi di trasporto. Inferiori, invece, sono gli sviluppi e ricerche in relazione agli spazi pubblici della città contemporanea, a come questa nuova tecnologia della mobilità potrebbe impattare sullo spazio della strada, in particolare modo nel breve-medio periodo, e soprattutto quali siano le condizioni urbanistiche tali da consentire l'iniziale implementazione dei veicoli "intelligenti" in ambiente urbano contemporaneo in uno scenario "ibrido" in cui tali veicoli andranno a coesistere con i veicoli tradizionali.

Nasce così un nuovo modo di ripensare e progettare la città, di disegnare i percorsi, aree di sosta e più in generale gli spazi urbani della mobilità.

L'obiettivo della ricerca è quello di individuare le possibili regole di progetto a scala urbana che consentirebbero tale implementazione ed aprire la strada alla graduale transizione ai nuovi mezzi urbani. In tal modo si pongono alcune considerazioni alla questione che possono essere tenute in conto da parte delle amministrazioni locali per orientare, in termini alternativi, le opportune azioni strategiche negli strumenti di governo delle trasformazioni e della mobilità urbana.

Per il raggiungimento di tale obiettivo, partendo dal più ampio rapporto tra mobilità autonoma e connessa e spazio della città, la ricerca si focalizza sulle seguenti domande:

- Le forme di mobilità "autonoma" modificano lo spazio pubblico della città contemporanea?
- Quali sono le possibili nuove condizioni tecniche-spaziali da considerare nella progettazione degli spazi urbani della mobilità? Quali le dotazioni tecnologiche e digitali?
- In che modo poter implementare forme di mobilità autonoma, sia pubblica che privata, in un contesto reale al scala urbana nel breve-medio periodo?

La ricerca intende riflettere e fornire indirizzi sull'argomento e propone, dunque, una linea esplorativa progettuale orientata ad indagare le possibili implicazioni

sull'ambiente urbano indotte dalle innovative forme di mobilità urbana, individuando nuove dotazioni tecnologiche digitali– materiali e immateriali – condizioni tecniche-spaziali e uno scenario strategico di implementazione a scala urbana in una prospettiva di migliore accessibilità e fruibilità degli spazi urbani.

Al presente lavoro, a seguito di stipula di accordo di collaborazione di ricerca, hanno contribuito ANAS S.p.a., nella figura dell'Ing. Luigi Carrarini<sup>6</sup>, nel fornire conoscenze e informazioni sugli innovativi sistemi digitali e le dotazioni tecniche e tecnologiche sulle infrastrutture di propria competenza tramite il proprio progetto *Smart Road*, e il Comune di Catania, nella figura dell'Ing. Biagio Bisignani<sup>7</sup>, nel fornire informazioni utili sulle future tendenze della città etnea per la sperimentazione della pianificazione urbanistica integrata. Vista la tematica di ricerca piuttosto recente all'interno del dibattito sia scientifico che politico, sono state poste, mediante intervista, una serie di domande all'Ing. Carrarini per la costruzione di conoscenze e comprendere al meglio la questione e lo stato della nuova mobilità autonoma nel panorama italiano ed anche a livello internazionale.

#### *Breve nota metodologica e articolazione della ricerca*

Inizialmente la linea di ricerca esamina il rapporto tra spazio pubblico urbano e le innovazioni tecnologiche legate alla mobilità, risultato dei grandi periodi rivoluzionari. Specificatamente, si indaga su quali siano state le interazioni sussistenti tra gli spazi urbani e le innovazioni tecnologiche della mobilità e di come la mutua relazione tra queste componenti urbane ha portato storicamente a decisive trasformazioni della città, evidenziando la loro gestione all'interno degli strumenti di governo di pianificazione e trasformazione urbana.

Nel secondo capitolo, attraverso un percorso riflessivo critico, si valuta la condizione con cui forme di AI stanno entrando in modo non pianificato nella città e come invece, superando il concetto della *smart city*, nell'era dell'IoT, emerge la esigenza di un momento di ripensamento della città. In tal contesto si analizza la futura mobilità urbana intelligente, denominata *autonomus vehicle (AV)*, esaminando dalla letteratura scientifica prodotta i possibili impatti dei AV sullo spazio urbano della città.

Nonostante la consapevolezza in merito all'importanza di governare la diffusione degli AV sia cresciuta, permane una difficoltà nel doversi rapportare con un futuro poco prevedibile. Contestualmente si evidenzia come la tematica degli AV e la loro possibile implementazione in ambito urbano sia di crescente interesse come dimostrato dal suo inserimento nelle politiche strategiche governative sia a livello europeo che italiano. La normativa italiana di settore prevede un'importante intervento di trasformazione digitale dell'infrastruttura fisica stradale (una *Smart Road*), che l'abiliterebbe ad ospitare in sicurezza i veicoli a guida autonoma con gli altri utenti della strada. Quindi si lavora su un doppio passo: quello evolutivo sperimentale e tendenziale non pianificato e quello invece, a cui la tesi mira, di trovare una lettura tecnica metodologica di approccio al

---

<sup>6</sup> Dirigente Responsabile Unità Infrastruttura Tecnologia e Impianti e Project Manager Progetto "Smart Road" in Anas S.p.a.

<sup>7</sup> Direttore della Direzione Urbanistica e Gestione del Territorio e Decoro Urbano del Comune di Catania.

progetto di mobilità.

Nel terzo capitolo, viene analizzato il progetto Smart Road di ANAS S.p.a. al fine di reperire le opportune conoscenze sul processo di *digital transformation*, quindi le dotazioni tecnologiche e digitali. A questo si aggiungono alcune sperimentazioni - considerate più all'avanguardia - in ambito europeo a livello locale, in cui sono stati adoperati veicoli completamente autonomi (livello SAE 4). In tal contesto si sono individuati gli adeguamenti infrastrutturali allo spazio urbano e le dotazioni tecnologiche e digitali che tali sperimentazioni hanno richiesto.

Nel quarto capitolo, dalle sperimentazioni condotte e precedentemente analizzate, è stata sviluppata un'ipotesi di implementazione progettuale della mobilità *autonoma* e connessa declinandola in uno spazio urbano reale, tramite l'esplorazione sul nodo urbano metropolitano di Catania.

La sperimentazione si propone come primo contributo metodologico strutturato di piano in ambito urbano complesso – la città di Catania - considerando l'innovativa tipologia di mobilità, in cui si articola un'ipotesi di pianificazione nel rapporto transcalare tra la *Smart Road* della rete TEN-T e la città in una fase di ibrido, e come possibile ricucitura tra il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) e il nuovo Piano Regolatore Generale (PRG).

In tal contesto utili informazioni sono state reperite dalla collaborazione con l'amministrazione comunale catanese per prefigurare lo scenario della città nel prossimo futuro.

L'obiettivo principale della ricerca è, dunque, quello di fornire un scenario “ibrido di transizione” alla mobilità autonoma e connessa, sia pubblica che privata, nel breve-medio termine 2025-2030, che tiene conto di una prospettiva strategica in un'ottica di connessione alla rete di trasporto stradale trans-europea, in piena coerenza con l'attuale transizione digitale ed ecologica alla luce degli investimenti nel campo delle infrastrutture; una visione della città che sia coerente con gli scenari europei, una possibilità/alternativa che gli indirizzi della politica europea e le attività svolte pongono sicuramente alle città.

Successivamente, dall'esplorazione progettuale ipotizzata per la città metropolitana di Catania attraverso schemi di piano e dalle esperienze europee analizzate, si forniscono le possibili nuove regole di progetto per la trasformazione dell'ambiente urbano contemporaneo nella prossima prospettiva per la graduale implementazione della mobilità autonoma e connessa, che siano strumento di supporto all'Amministrazione locale a cui riferirsi nella programmazione e pianificazione della città di domani.

In tal senso è stato composto un “abaco” delle condizioni progettuali a scala urbana per la convivenza, nella prima fase ibrida di transizione, della mobilità autonoma e connessa con gli altri utenti “tradizionali” della strada, di cui le conclusioni della tesi ne rileggono coerenza, visione e operatività.

## CAPITOLO 1

### Città, mobilità e innovazione tecnologica

Le strade sono spazi del movimento, luoghi abitati, complessi, ricchi e densi di memoria, capaci di evocare e stupire; I luoghi primari dell'essenza urbana. Sono spazi contaminati, sedimentati, interpretati e "contesi", di una straordinaria vitalità e libertà. Le strade sono luoghi da sempre costruiti e ricostruiti, anche se qualche volta negati o immaginati superati, ma che tuttavia sono rimasti o inevitabilmente ricomparsi, anche se in parte diversi. Luoghi urbani, percorsi e ripercorsi per molti motivi e ragioni, con diversi scopi, intenti e speranze.

Il tema della strada è indubbiamente di grande fascinazione ma di estrema complessità, così specifico e insieme così generale che espone inevitabilmente a rischi di riduzione, di parzializzazioni e molteplici omissioni.

Disciplinarmente giustificato e fondato, è infatti noto come intorno al ruolo e funzione della strada sia ruotato molto del dibattito e dell'esperienza dell'urbanistica, non solo moderna e contemporanea, da Cerdà, Berlage, Garnier, Stübben, Unwin, Le Corbusier, Lynch, Khan, fino a Leon Krier, Bohigas, Koolhaas, ma forse, di tutta la tradizione della progettazione urbana, da Ippodamo da Mileto a Vitruvio, Serlio, Palladio, solo per citarne alcuni.

La strada, come ricorda Rykwert (1982), è infatti "la componente più importante del modello urbano" e, secondo Bohigas (1992) "la vera essenza della città".

L'assunto è che l'argomento della strada non sia un tema semplicemente infrastrutturale e derivante dalla monofunzionalità del connettere, ma sia un tema a più dimensioni, con più valenze e molteplici implicazioni. L'esempio storico più famoso e che meglio esprime questa visione è quello celeberrimo della strada romana, che non è stata solo un mezzo per collegare Roma ai lontani presidi militari e ai territori conquistati, ma è anche stata nel suo procedere l'occasione e lo strumento per organizzare territori agricoli, costruire acquedotti, bonificare terreni e realizzare insediamenti.

Riconoscendo la strada quale spazio pubblico per antonomasia, generatrice di forma urbana e di pratiche d'uso della città, si indaga il rapporto "storico" tra le innovazioni tecnologiche nel campo della mobilità, avute con l'avvento della rivoluzione industriale, e lo spazio pubblico della città; un rapporto che ha portato alle storiche e radicali trasformazioni nella storia della città. Un'introduzione di elementi "tecnologici" del tempo storico che, come vedremo, a partire dalla metà del XIX secolo, ha portato architetti e urbanisti impegnarsi nell'elaborazione di piani e teorie per una nuova visione della città del futuro, in cui le innovazioni tecnologiche legate alla mobilità hanno costituito il principale *driver* di trasformazione urbana, portando contestualmente effetti fisici e non solo.

Successivamente, in riferimento al contesto italiano, si richiamano gli strumenti che hanno gestito e normato il predetto rapporto e i relativi effetti, stabilendone specifiche condizioni urbanistiche e progettuali per lo spazio della strada e per l'ambiente circostante.

## 1.1. Lo spazio della strada

La costruzione di una riflessione sulla strada deve inevitabilmente passare per il richiamo al ruolo della strada come componente fondamentale dello spazio urbano.

Alcune riflessioni di Bohigas (1992), nella sua esperienza catalana nella riqualificazione degli spazi pubblici di Barcellona possono servire per comprendere meglio dal punto di vista morfologico la definizione di spazio pubblico in una città e l'importanza della strada, in cui evidenzia in modo efficace lo stretto legame fra la strada e l'esistenza stessa della città, in modo esplicito "la distruzione della strada e distruzione della città". L'architetto-urbanista, muovendo criticamente dall'approccio funzionalista, indaga sulla definizione di spazio pubblico urbano inteso come matrice di generazione urbana, concentrando la riflessione sul binomio strada-piazza e interpretandolo come coppia antitetica di elementi spaziali che si contrappongono. La difesa della strada tradizionale, intesa come luogo complesso e sovraccarico di funzioni, spinge Bohigas a criticare in modo radicale non solo le operazioni ingegneristiche dirette a privilegiare la circolazione meccanica nella strada, ma anche quelle di segno opposto, come le pedonalizzazioni integrali: "la riduzioni degli usi – praticamente l'assenza di automobili – rappresenta una forma di diminuzione della qualità sociale della strada".

Bohigas spiega come in questi ultimi decenni si sia formato un movimento per rivendicare allo spazio pubblico il ruolo di matrice generatrice della città e al tempo stesso per criticare l'approccio tassonomico del movimento moderno. Spesso però le rivendicazioni sullo spazio pubblico, malgrado la loro pretesa forza dialettica, non vengono approfondite ed articolate in modo proprio, perché fanno più riferimento al concetto di piazza che a quello di strada.

Lo spazio pubblico propriamente detto è invece costituito dalla strada e non dalla piazza. In particolare *le strade costituiscono la matrice generatrice degli spazi urbani*: dal punto di vista storico la strada ha costituito l'ossatura portante a cui, per mezzo di stratificazioni spesso contraddittorie, si sono "agganciati" ampliamenti, varianti di tracciato, nuove intersezioni, spazi marginali non progettati, nei quali si accumulano effetti conflittuali o di degrado. La piazza è certamente un elemento urbano essenziale, ma non può essere un fattore di generazione della città, almeno nella cultura occidentale, poiché, spiega sempre Bohigas, non racchiude in sé un numero sufficientemente ampio di soluzioni né produce una struttura fisica e geometrica di crescita. Se nella cultura progettuale attuale si parla ancora molto di piazze è perché probabilmente è ancora radicato nella pratica urbanistica il mito, inteso come *standard concettuale*, della zonizzazione: permane così il concetto e l'immagine di luogo specializzato, tranquillo, senza conflitti, in un certo senso "nobilitante" e "distaccato" dalla confusa scena urbana, ancora una *zona* a tutti gli effetti. Nella medesima direzione Bohigas osserva che molte piazze hanno segni di evidenza che indicano la necessità dell'itinerario per lo sviluppo della vita urbana: una vocazione quasi impercettibile delle *piazze* ad essere anche *strade*. Si pensi ad esempio ai portici che, distaccatisi dal modello tipologico del chiostro, a partire dal Rinascimento, cominciano a segnare nelle piazze barocche e neoclassiche la continuità di uno spazio pubblico che si caratterizza per la sua linearità.

"La città europea è un sistema di strade", afferma Bohigas. Eppure nel '900 non è stato realizzato un modello di strada tale da assorbire la sovrapposizione di funzioni che tradizionalmente aveva e di risolvere quindi il naturale conflitto tra spazio pubblico e

viabilità. La strada è l'elemento urbano nel quale, più che in ogni altro, si incontrano architettura, tecnica e società: “[...] serve ai cittadini che si spostano a piedi o con i mezzi di trasporto pubblico o privato, o che entrano nelle loro abitazioni o nei luoghi di lavoro, serve per far arrivare le linee elettriche, del gas, idriche, telefoniche, per sedersi e stare a guardare, per chiacchierare o per mangiare e bere, per parcheggiare, per giocare alle bocce, per aerare le case o farvi entrare il sole, per organizzare gli itinerari della prostituzione, per fare manifestazioni, per trincerarsi dietro alle barricate durante una rivoluzione, per reprimere efficacemente quella stessa rivoluzione, per reclamizzare i prodotti commerciali e guardarli nelle vetrine, per esporre le bellezze architettoniche delle facciate, per piantare alberi e fiori, per creare giardini circoscritti, per delimitare chiaramente lo spazio pubblico e privato, per contenere le fognature e depositare i rifiuti domestici” (Bohigas 1998). Una tale sovrapposizione di funzioni aggiudica la strada come il luogo della convivenza urbana, dove l'accessibilità e l'informazione sono più efficaci che altrove.

Nel richiamare al ruolo della strada come componente fondamentale dello spazio urbano, parlare dello *spessore* della strada<sup>8</sup>, in tal contesto, significa guardare alla rilevanza di questo spazio come ambito di interazione tra l'individuo e l'ambiente circostante e come dispositivo in grado di strutturare il territorio.

A questo proposito, nel corso degli anni Ottanta, Gregotti (1987;1989) ha sottolineato più volte l'importanza per le discipline dell'architettura di ritornare alla strada ed al suo progetto, valorizzandone il ruolo di manufatto e di tracciato, ossia riscoprendone il valore come oggetto architettonico e come componente del paesaggio che consente la costruzione di un punto di vista privilegiato su di esso. Questo significa guardare alla strada in quanto figura fondativa dell'impianto urbano, segno della conquista di nuovi spazi, costruzione molteplice e collettiva, tridimensionale oltre che bidimensionale (Maffioletti, 2002).

La natura di spazio pubblico urbano e di movimento (condiviso e istituzionalizzato) lungo un percorso sono i due principali significati riferiti alla strada sin dall'antichità. I numerosi scenari ereditati dalla storia confermano questi due caratteri, pur offrendo un panorama ampio e differenziato sia in termini spaziali sia rispetto alle influenze geografiche. I differenti modi di intendere l'uso e la forma della strada trovano riscontro considerando i nomi ad essa assegnati.

Rykwert insegna che la parola strada appartiene ad una doppia natura etimologica (Rykwert, 1981). La parola *street* deriva dal latino *sternere*, che vuol dire pavimentare (ricordiamo il significato di *strata, ae* intesa come strada maestra lastricata). Identica origine hanno i termini *strada* e *strasse* in tedesco. La radice “str” esprime dunque edificazione, costruzione: *street* e relativi sinonimi indicano una superficie o meglio uno spazio determinato e definito nei suoi limiti, perciò un *luogo*. D'altra parte la parola *road* proviene dalla radice anglosassone *ride*, che significa passare da un punto ad un

---

<sup>8</sup> A proposito della necessità di recuperare lo “spessore” della strada, Secchi osserva: “La strada è oggi luogo cruciale per una riflessione sulla città ed il territorio: manufatto e spazio fondamentalmente ambiguo, destinato contemporaneamente a svolgere funzioni assai precise, solitamente interpretate in termini di meccanica dei fluidi, ed assai vaghe, interpretate solamente in termini di meccanica dell'interazione sociale [...] la strada impone un ritorno a visione d'insieme che esplorino nuovamente, attraversando numerosi strati di riflessione, territori vasti e tempi lunghi” (Bernardo Secchi, *Lo spessore della strada*, in “Casabella”, n. 553-554, gennaio-febbraio 1989, p. 38).

altro. Alla medesima radice appartengono anche *rue* o *ruta* e *rua*. *Via* deriva invece dal latino *ire* (*via, ae - iter, itineris*). In altre parole tutte fanno riferimento al concetto di spostamento e di itinerario. Da una parte dunque strada assume significato di *luogo* (street) e dall'altra di *itinerario* (road). Quindi si può dire che la strada rappresenta il luogo dell'istituzionalizzazione del movimento umano; egli, nel richiamare l'etimologia dei termini "via" e "strada", osservando che "un individuo può aprire o delimitare un sentiero in una landa: ma, salvo che egli non sia seguito da altri, il suo sentiero non diventerà mai una strada o via, poiché la strada e la via sono istituzioni sociali ed è la loro accettazione da parte delle comunità che dà loro il nome e la funzione" (Rykwert, 1982).

Anche *alley*, *avenue* e *boulevard*, pur riferendosi ognuna ad una specifica tipologia di strada, indicano un collegamento viario urbano, peculiarità che, con lo sviluppo dei mezzi di trasporto meccanico, ha trovato una più specifica collocazione nella *highway* e nelle arterie di grande traffico (Rykwert, 1982).

Le origini della strada sono, dunque, da rintracciarsi nei primi sentieri tracciati dall'uomo camminando per orientarsi in una natura selvaggia e ostile.

La strada, pertanto, trova un suo archetipo nella traccia; i sentieri di caccia o i percorsi di collegamento alle fonti ed alle colture preesistevano allo stabilirsi definitivo degli insediamenti umani e costituivano un modo di appropriazione dello spazio fondato essenzialmente "sulla memorizzazione di eventi concatenati che si susseguono in una disposizione di segni ordinati" (Crotti, 1986).

Le tracce lasciate dall'uomo, camminando in ambienti sconosciuti, gli hanno consentito di costruire un ordine, stabilendo un rapporto con la terra circostante; in questo senso, la traccia, si pone come atto fondamentale di conoscenza della struttura di un territorio. La valenza della traccia come strumento di misura ed appropriazione del territorio è impressa nella sua progressiva evoluzione verso l'elemento formale della strada vera e propria. In tale evoluzione, un passaggio fondamentale è costituito dalla trasformazione della traccia in tracciato, passaggio che rappresenta, peraltro, un momento centrale nella storia della civiltà; la stabilizzazione delle tracce ed il loro mutarsi in tracciati costituisce, infatti, "il presupposto da cui le civiltà stanziali operano il rovesciamento storico del rapporto uomo/natura, sottopongono cioè i contesti naturali al principio razionale dell'insediamento" (Crotti, 1986).

Con il passaggio dal nomadismo alla stanzialità, la costruzione dei tracciati assume, allora, il senso di operazione primaria per l'organizzazione del territorio, infatti, il disegno dei tracciati permette di stabilire le regole per la distribuzione e l'espansione degli insediamenti. Il potere strutturante dei tracciati diviene imposizione di un nuovo ordine in epoca romana, quando la costruzione del sistema stradale coincide con la colonizzazione del territorio e con il costituirsi dell'Impero. La rete delle strade romane si pone come "vero e proprio sistema interscalare di opere, dotate cioè di una intrinseca razionalità che coniuga collegamenti a lunga percorrenza con l'urbanizzazione locale dentro un disegno di suolo che, consapevolmente o inconsapevolmente, si è di fatto configurato anche come progetto di paesaggio" (Gasparrini, 2003).

In quanto elemento ordinatore del paesaggio e matrice del sistema insediativo, la strada diviene per secoli non solo mezzo che consente di accedere, collegare, trasportare ma anche dispositivo che organizza e struttura il territorio e l'attività dell'uomo.

La città si forma a partire dalle sue strade, ed è dall'interazione reciproca tra reticolo stradale e sistema dell'edificato che prende forma l'impianto urbano. La strada, in altre parole, esprime il principio insediativo secondo cui si struttura il corpo della città, definendo il rapporto tra edifici e spazi aperti.

Con il consolidarsi del ruolo delle città come ambito della vita associata la strada diviene il luogo privilegiato dell'incontro e dello scambio e della costruzione d'identità sociale; anche quando nel Medioevo le città si richiudono su sé stesse ed i grandi tracciati di collegamento si riducono a percorsi, all'interno delle mura la strada è lo spazio essenziale della vita collettiva.

A questo proposito Consonni (1986) osserva come la storia della strada urbana, in quanto luogo di relazione ed esperienza sociale, si dipani ininterrottamente fino ai primi decenni del Novecento, raggiungendo il suo culmine nel XIX secolo quando, "il Moderno la elegge a teatro privilegiato per il suo apparire e dialogare con il mondo". Il riferimento, in particolare, è ai boulevard parigini che nella poesia di Baudelaire divengono lo specchio della metropoli moderna dove la moltitudine delle masse si scontra con la solitudine dell'individuo.

## **1.2. Trasformazioni urbane e tecnologie della mobilità**

La rivoluzione "tecnologica" dovuta all'avvento di nuovi mezzi di comunicazione e di trasporto, in particolare dall'automobile, come mezzo di trasporto privato, ha reso possibile una nuova visione del tempo e dello spazio ed una differente struttura spaziale per la città. Per innumerevoli millenni, camminare è stata la principale forma di viaggio per gli esseri umani, governando le dimensioni e la forma delle città dalla fondazione della prima città fino al XIX secolo. Le tecnologie per la mobilità dell'era industriale hanno "rivestito" un ruolo centrale nel processo di mutamento dello scenario spaziale urbano a partire dalla metà del XIX secolo.

Fin dall'inizio, le città sono state agglomerati compatti e diversificati. L'impronta di una città era generalmente limitata dalla distanza che una persona percorreva in mezz'ora.

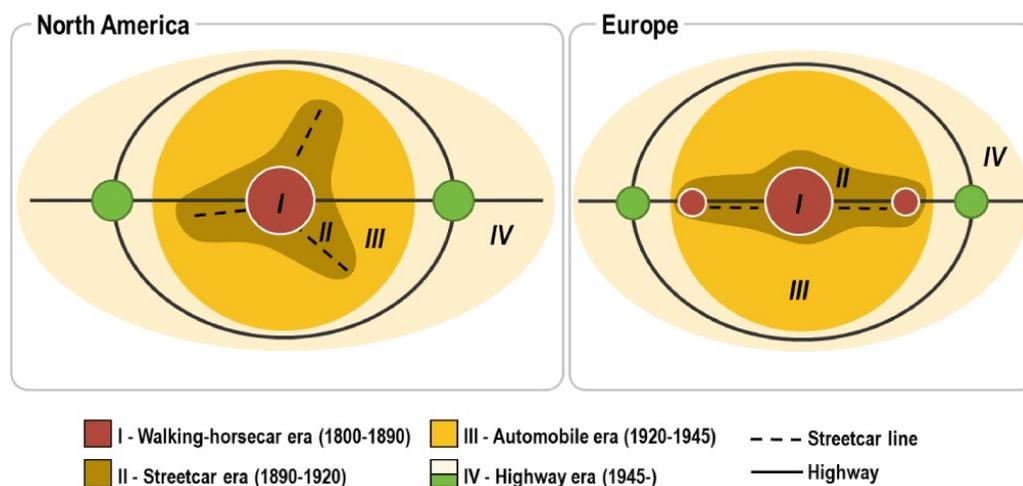
Le innovazioni nella tecnologia dei trasporti hanno influenzato fortemente il modo in cui la forma urbana è stata modellata. La prima di queste innovazioni, il carro a cavalli, non offriva vantaggi significativi, ma diede inizio all'inesorabile espansione verso l'esterno delle città.

Seguirono tecnologie come treni, tram e automobili che ebbero un impatto duraturo sulla forma urbana, sia come sistemi fisici progettati nel tessuto cittadino, sia come provocazioni per immaginare nuove forme di città, siano esse periferie, città giardino o sviluppi orientati al transito. Ognuna di queste tecnologie ha facilitato le espansioni verso l'esterno delle città. Queste iniziarono ad espandersi oltre i limiti naturali che ne avevano governato le dimensioni per millenni lasciando successivamente il posto alla metropoli moderna.

Lungo tutto il secolo XIX, il progresso delle tecniche di trasporto ha favorito la concentrazione. La fine della connettività del paesaggio pre-automobilistico ha evidenziato fenomeni di dispersione e di "rottura". La discontinuità che caratterizza la dispersione urbana contemporanea è il risultato delle tecniche di trasporto ferroviario ed automobilistico.

Il sistema di trasporto su ferro e le relative infrastrutture fisiche, difatti, ebbero un ruolo centrale nello sviluppo e nell'evoluzione della città e nelle sue nuove forme di organizzazione (Newmann e Kenworthy, 1996). Gli anni della rivoluzione industriale segnano un punto di passaggio cruciale nella storia delle città mondiali, con la costruzione di reti ferroviarie urbane che costituiscono la struttura portante dello sviluppo economico e dell'assetto geografico degli insediamenti (Dell'Orto e al., 1997). La nuova offerta di mobilità su ferro ridisegna il territorio e sostiene in maniera determinante il fenomeno dell'urbanesimo.

Sia le città nordamericane che quelle europee, colpite da cambiamenti tecnologici simili introdotti dalla rivoluzione industriale, seguono tuttavia, una diversa evoluzione della forma urbana, soprattutto a partire dalla seconda metà del XX secolo. Mentre le città europee si appoggiavano al trasporto pubblico, le città nordamericane facevano più affidamento sull'automobile. Il risultato fu una divergenza nelle loro rispettive forme urbane con quattro periodi importanti (Muller, 1995).



1. Evoluzione dei trasporti e della forma urbana in Nord America ed Europa; fonte Muller, P.O. (1995) "Transportation and Urban Form: Stages in the Spatial Evolution of the American Metropolis".

Nell'Europa del XX secolo, l'interesse verso le nuove tecnologie e la volontà di innovazione, avvenuta a seguito delle due Guerre Mondiali, ma anche l'attenzione verso il "tema del movimento", sempre più sentito all'interno di una società in progresso ed in evoluzione, ha ribadito la centralità delle problematiche legate allo sviluppo della città in relazione alle differenti modalità di trasporto.

### 1.2.1 L'era industriale

Nelle trasformazioni urbanistiche che interessarono le capitali europee del XIX secolo, le grandi strade assumono un ruolo centrale nel ridisegno dello spazio urbano. Intorno

alla metà del XIX secolo il crescente fenomeno dell'industrializzazione pose in maniera urgente il problema del riassetto urbanistico di tutte le principali città europee.

Le trasformazioni indotte sulla città e sull'organizzazione dei suoi spazi dall'evoluzione del sistema produttivo verso il modello fordista, si accompagnano, dalla fine del XIX secolo, alla nascita dell'urbanistica moderna che, messe da parte le utopie riformatrici, si interroga sul funzionamento del sistema urbano e sui modi per regolarne l'espansione. La via scelta per questo processo di riorganizzazione fu, principalmente, quella di adeguare gli spazi pubblici ai nuovi sistemi di trasporto - prima l'introduzione della ferrovia, poi i tram e le metropolitane ed infine l'automobile - che, salvo rare eccezioni, erano ancora quelli di origine medioevale. È in tal contesto che molte strade dei centri storici, non originariamente progettate per la circolazione dei veicoli, ma per il transito di pedoni, cavalli e carri, perdono le loro caratteristiche spaziali e materiche. Ciò porta in primo piano il tema della circolazione e dell'organizzazione della rete viaria, soprattutto a fronte dell'inadeguatezza della strada tradizionale di soddisfare le nuove esigenze della mobilità.

La strada, in quanto componente fondamentale del progetto urbano, diviene allora oggetto di un ripensamento che riguarda tanto la sua articolazione morfologica quanto le sue caratteristiche funzionali.

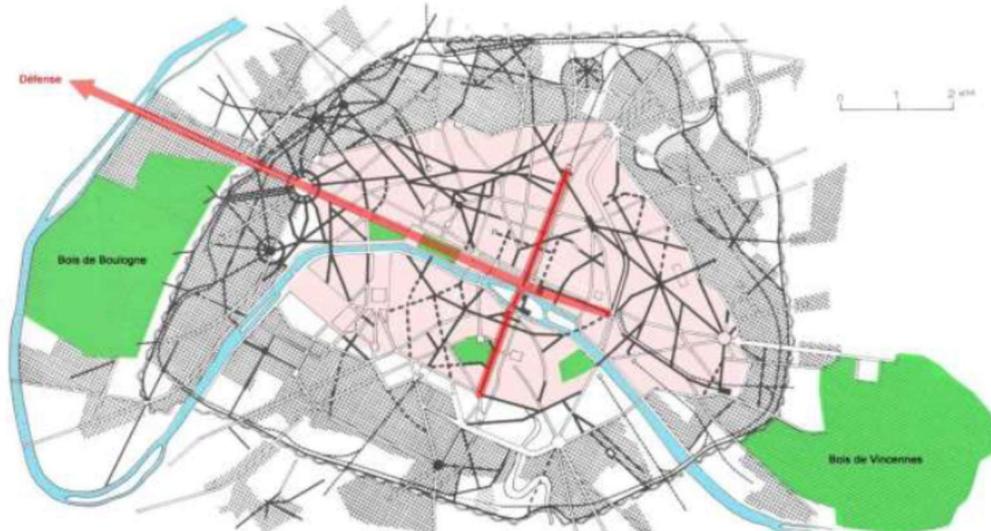
Le amministrazioni delle grandi città iniziarono a pianificare interventi di ristrutturazione urbanistica su larga scala, che prevedevano, talvolta, l'abbattimento di interi quartieri fra i più vecchi e fatiscenti, per far posto a zone ricostruite secondo schemi urbanistici più razionali, rispondenti a canoni più moderni e funzionali. Fu proprio in tale occasione che si regolamentò in modo rigoroso lo sviluppo delle reti stradali, fognarie e dei servizi pubblici in generale. In tal contesto la progressiva "meccanizzazione" della società e la conseguente specializzazione della cultura provocate dalla Rivoluzione Industriale si ripercuotono nella conformazione fisica della città, che da quel momento comincia ad essere concepita come un oggetto meccanico che connette tra loro le varie funzioni specializzate.

La strada deve accogliere "al suo interno" tante funzioni distinte che vanno dalle attività dei pedoni al transito delle carrozze, al commercio, all'illuminazione, all'arredo, fino alle reti idriche e alle fognature. È forse da questo momento che la distinzione tra strada, *street*, *strasse*, come luogo dello stare e via, *road*, *rue* come via di comunicazione, si annulla convergendo in un unico spazio. In questo periodo prese avvio un'urbanistica moderna che si faceva carico di elargire degli indirizzi e delle regole, per avere una chiara e funzionale sistemazione del territorio. Si affermano nuovi modelli di città europee che diventano esempio per le successive.

#### *La Parigi di Haussmann*

Le novità teorico-culturali del XIX secolo sembrano materializzarsi, difatti, nella trasformazione della Parigi di Haussmann: il boulevard, strumento di ristrutturazione sovrapposto al tessuto della città medievale e rinascimentale è il manufatto moderno per eccellenza; questi, sovrapponendosi alla dimensione complessa e minuta della città antica, costruiscono un sistema coerente di relazioni fisiche e percettive tra le principali attrezzature della città e, di fatto, danno vita ad una nuova immagine urbana.

Il “sistema” adottato da Haussmann per i *grands travaux* di Parigi nella seconda metà del XIX secolo è il paradigma delle nuove tecniche di trasformazione urbana che coinvolge in emulazione prima le città capitali europee e poi anche quelle minori. Parigi fu la prima ad essersi posta il problema della propria riorganizzazione urbanistica già nel XVII secolo, quando Colbert, consigliere di re Luigi XIV, fece demolire l'imponente cintura delle fortificazioni parigine della riva destra della Senna, sistemando al loro posto un viale alberato largo circa 35 metri “*per un maggior decoro della città e per servire da passeggiata agli abitanti*” (Maneglier, 1990). Nascono così i *grands boulevards*: una nuova e organica rete stradale che inviluppa quella precedente, di derivazione medioevale, e disimpegnava nel contempo le vie di accesso alla città smistandole in modo scorrevole. Il piano di Colbert creò i presupposti per l'intervento radicale del XIX secolo, quando il barone Haussmann, rivoluzionò l'assetto urbanistico di Parigi, infatti “*l'operazione di Haussmann ha la pretesa di trattare la città come se questa avesse la plasticità e i limiti di resistenza di un singolo edificio, facendovi convergere verticalmente un enorme potenziale tecnico-operativo, guidato dall'autorità pubblica. Di questa operazione la gabbia del sistema viario è la struttura portante, la cui funzione primaria è soprattutto quella di definire e servire le parti dell'articolazione direzionale metropolitana (e nazionale), e la funzione aggiunta è quella di una rivalorizzazione qualitativa dell'intervento privato di ricomposizione del tessuto e, quindi, attraverso l'offerta residenziale, della stessa presenza della classe borghese nella nuova Parigi*” (Sica, 1977).



2. Schema dei Grands Travaux di Parigi. In nero le nuove strade, in tratteggio incrociato i nuovi quartieri, in verde i nuovi parchi urbani, in rossola Grand Croisée, in rosa l'area della Parigi pre-Haussman con 12 arrondissements (elaborazioni da Benevolo, “La storia della città, Bari, 1976).

La strada è, dunque, una parte integrante dell'architettura della città, spazio denso dotato di una potente carica simbolica e rappresentativa.

Hausmann riesce a trasformare Parigi da città a carattere medievale nella più moderna ed efficiente metropoli del XIX secolo. Bisognava, inoltre, rendere la città militarmente sicura all'interno per evitare che potessero scoppiare insurrezioni popolari. Sventrando gran parte della vecchia Parigi con la costruzione di ben 165 chilometri fra nuove strade e scenografici *boulevards*, Hausmann eliminò il nucleo medioevale di interi quartieri in nome delle nuove norme igieniche e per garantire il passaggio dei mezzi di trasporto dell'epoca. Gli interventi previsti prevedevano una nuova maglia funzionale di strade larghe e rettilinee, formanti un reticolo di comunicazioni tra i principali nodi della vita urbana e le nuove stazioni ferroviarie, assicurando direttrici di traffico commerciale, di attraversamento veloce e di arroccamento strategico. Le opere di viabilità, suddivise in tre *reseaux*, volevano risolvere i problemi di traffico emersi dai nuovi mezzi di trasporto e di conferire alla capitale un aspetto grandioso. Notevoli furono altresì gli interventi riguardanti lo spazio pubblico, in particolar modo i parchi (Calabi, 2000).

Con i *boulevards*, tutto è contenuto nella sezione stradale di circa 30 metri, lunga fino a 2 chilometri: lo spazio è attentamente disegnato in modo da tenere separati i pedoni dai veicoli lenti e veloci, dotato di una illuminazione artificiale per la notte, di filari alberati per l'ombra in estate, di sedute, di pavimentazione e i canali di scolo, di tubazioni sotterranee per l'acqua piovana, di gas e di fogne. La strada diventa a tutti gli effetti, un interno illuminato e sorvegliato dalla polizia, risultato di un disegno unitario desunto dallo studio attento di profili e sezioni in cui ogni elemento trova il suo posto. La stessa spazialità e uguali tecniche di abbellimento estetico caratterizzano la città da nord a sud, da est a ovest, restituendo l'immagine di una città uniformemente governata, e fisicamente collegata nelle sue parti principali. Se da un lato il *boulevard* era risultato dell'attenta giustapposizione di tanti elementi distinti, progettati da professionisti specializzati e imposti alla cittadinanza, dall'altro permetteva la conoscenza omogenea e quotidiana della città a ogni abitante, nel rispetto delle norme igienico-sanitarie di aria e luce.

#### *La Barcelona di Cerdà*

A metà del XIX secolo, un contributo fondamentale alla riflessione del ruolo strutturante della strada urbana nell'ambito di un nuovo approccio alla costruzione della città era venuta dal piano realizzato da Idelfonso Cerdà per l'espansione di Barcellona (1859). Barcellona era la città più attiva di un paese non ancora industrializzato. Ancora compressa dalla cinta muraria, la popolazione cresceva grazie allo sviluppo dei traffici portuali e all'avvio del processo di industrializzazione.

A partire dai problemi locali, Ildefonso Cerdà (1815-1876) elaborerà una teoria universale, la *Teoria general de l'Urbanizaciòn* (Lopez de Aberasturi, 1984) tappa fondamentale nella storia delle idee relative all'ambiente e alla pianificazione, che l'autore ha la possibilità di sperimentare nell'ampliamento (*ensanche*) della città di Barcellona.

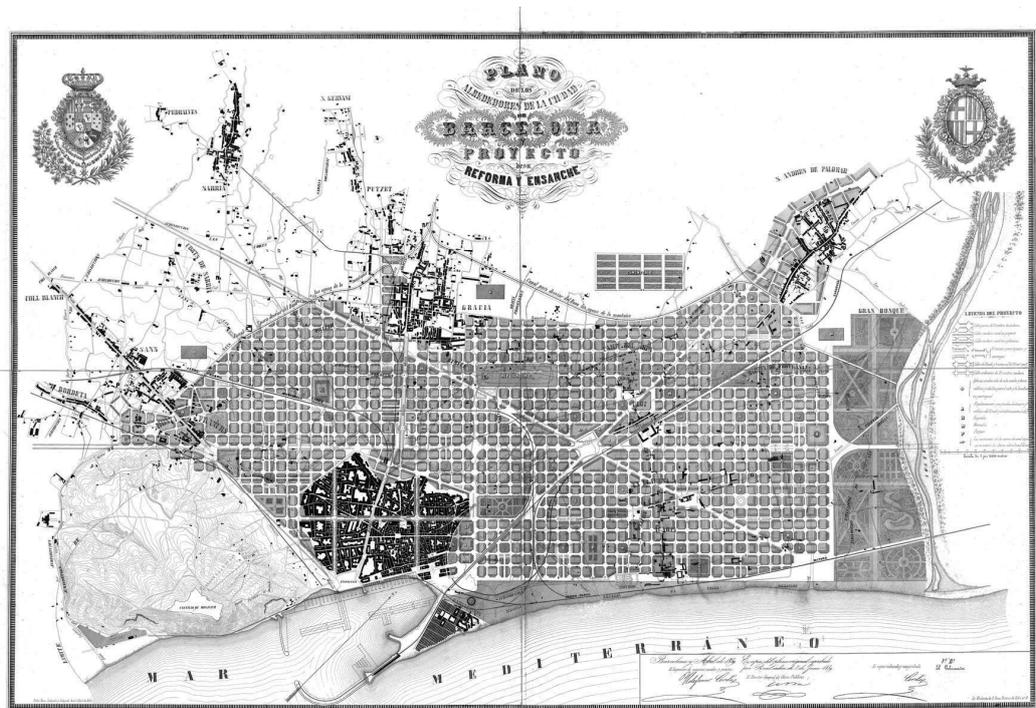
Il suo trattato rappresenta un momento fondamentale della storia della pianificazione in quanto costituisce il primo momento di una teoria scientifica relativa a questa disciplina e può essere considerato la teoria urbana più completa elaborata fino a quel

momento, applicabile alla città, al territorio, all'area metropolitana. L'applicazione delle sue idee non si limita all'ampliamento di una parte di città, riguarda l'intera Barcellona nel suo insieme, definita da Cerdà "città integrale". Il principio generale su cui si basa il suo progetto consiste nella distinzione tra contenitore, che costituisce la forma, e contenuto, composto dalle persone, il soggetto principale, l'essenza del progetto. La grande innovazione della città di Cerdà sta nella concezione delle vie e degli isolati. Cerdà è forse il primo ad esprimere in modo chiaro la necessità che in ogni spazio della città debbano convivere il movimento e la sosta, riconosciute come le due fondamentali attività su cui si organizza la vita urbana.

L'isolato è il luogo della residenza individuale e familiare; la via è il luogo della comunicazione con il mondo esterno, con la natura e con la società. Cerdà progetta una maglia ortogonale basata sulla *manzana*, isolato-tipo di misure e caratteristiche costanti (lato di 113 metri). A definire questo modulo sono le relazioni ottimali che Cerdà stabilisce tra numero di abitanti e superficie complessiva, tra area coperta ed area scoperta, tra popolazione e servizi collettivi (verde, scuole, ospedali). Ciascuna di queste relazioni è espressa in un rapporto matematico che, una volta codificato, prenderà il nome di standard.



3-4. Da sinistra: boulevard Saint - Michel, 1853 - 1860, estremità meridionale del lungo asse di attraversamento nord - sud di Parigi; boulevard Richard Lenoir, 1861 - 1863, costruito sul canale Saint - Martin, attraversa i quartieri operai.



5. Ildefonso Cerdà, Piano di Barcellona 1867

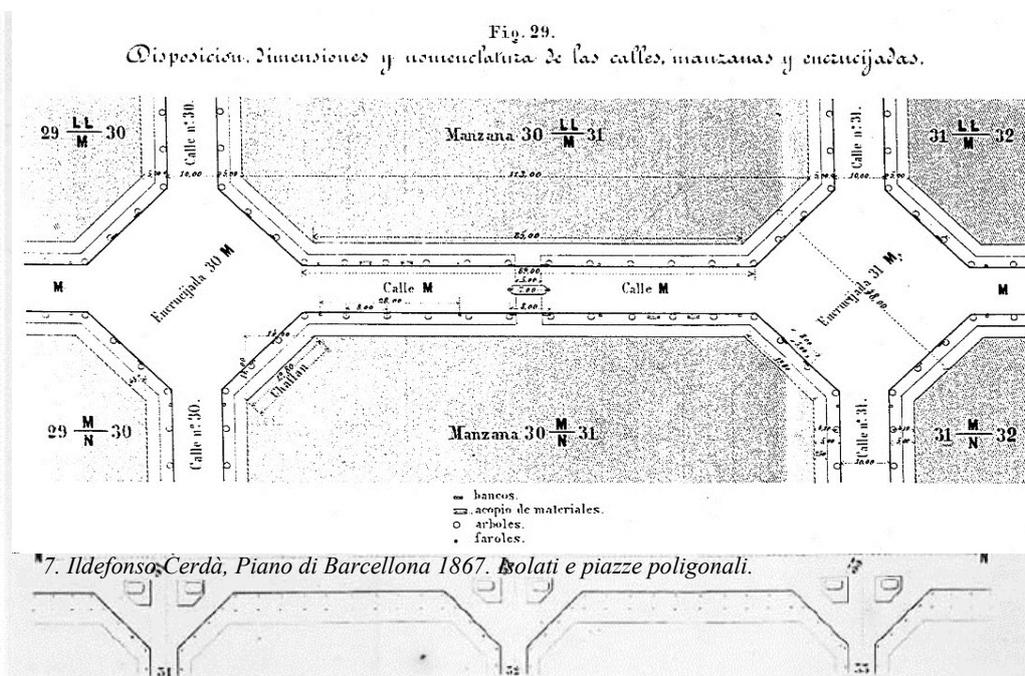
La regolarità dell'impianto, scandita da ampie strade di 20 metri, era animata da cinque diagonali, di grandezza variabile dai 60 agli 80 metri, che si incontravano in una grande piazza destinata a divenire il nuovo centro urbano; la frantumazione della cortina continua dell'isolato ottocentesco e il ruolo centrale dello spazio aperto, contribuiscono a prefigurare una struttura spaziale del tutto innovativa (Calabi, 2000).

Di particolare importanza furono le sezioni tipologiche ricorrenti, strutturate con due fasce destinate ai pedoni, due alle carrozze ed una centrale per il trasporto pubblico su ferro. Elementi di rottura della griglia regolare erano i tracciati ferroviari che seguivano, in parte in sotterranea, raggi di curvatura a loro consoni e le grandi direttrici viarie, che, oltre a diversificare la ripetitività della maglia e quindi ad agevolare l'orientamento, avevano il ruolo di connettersi con il territorio circostante. Vediamo dunque che il piano urbanistico di Cerdà aveva la strada e l'isolato come elementi fondanti della trama e dell'ordito (Sica, 1977).

Cerdà nel 1897 affermava: *“Punto di partenza o di arrivo di tutte le strade è sempre l'abitazione o dimora dell'uomo. La comunicazione fra questi due punti estremi in genere non è diretta e deve effettuarsi attraverso strade intermedie. [...] L'urbe, considerata come un'appendice del grande sistema stradale universale non è niente di più che una specie di luogo di sosta più o meno esteso, più o meno complesso, più o meno importante, secondo il numero di industrie, di depositi e di abitazioni che la compongono. Così ogni urbe possiede sempre una o più strade che la collegano alla*

grande rete stradale che attraversa il nostro globo. Da queste strade, che noi chiamiamo trascendentali, partono altre strade che danno accesso a tutta l'urbe. Da esse, che sono le strade propriamente urbane, si staccano altre strade che comunicano con le abitazioni private, insieme punto di partenza e punto di arrivo della grande rete stradale universale, il cui flusso e riflusso è l'immagine autentica della vita dell'umanità". Cerdà riconosce le esigenze della nuova civiltà appena nata, le cui caratteristiche peculiari sono il movimento e la comunicazione, e il confronto fra queste esigenze e le antiche città, mostrano prospettive nuove per la scienza.

L'intersezione tra gli assi stradali, caratterizzata dal taglio a 45° dei quattro angoli degli isolati, nasce come regola insediativa di questa città e ne caratterizza al tempo stesso la struttura e l'immagine. Fabrizio Zanni (1986) definisce la sequenza degli incroci di piano un "vero sistema di fondazione assimilabile alla maglia strutturale di un edificio" dove ogni incrocio è "un perno che mette in rapporto maglia di relazione e sistema urbano". Inoltre lo spazio che si viene a formare ha una natura ibrida tra un semplice incrocio e una piazza e, come nota Hertzberger (1996), "fornisce un benvenuto sollievo alla monotonia delle lunghe strade", nonostante la configurazione definitiva degli isolati si sia discostata dal piano originale.



6. Ildefonso Cerdà, Piano di Barcellona 1867. Isolati e piazze poligonali.

La strada è, dunque, una parte integrante dell'architettura della città, spazio denso dotato di una potente carica simbolica e rappresentativa. Eppure, la progressiva dilatazione della strada urbana – che caratterizza i processi di trasformazione ed espansione della città moderna nel XIX secolo – preannuncia un passaggio fondamentale nell'evoluzione

del rapporto tra rete viaria ed edificato, in cui la strada è destinata a perdere progressivamente il suo ruolo di elemento morfogenetico dell'impianto urbano e di spazio di relazione.

Le origini di questo processo sono, infatti, rintracciabili già nelle enormi proporzioni dei boulevard, la cui estensione impedisce di percepirla come ambienti prospettici, alterando il tradizionale rapporto tra cortina edilizia e spazio della strada, e introducendo rapporti percettivi molto diversi da quelli della città classica (Benevolo, 1993). Tale passaggio si compie pienamente tra la fine del XIX secolo ed i primi decenni del XX, con l'affermarsi del Movimento Moderno e con l'irrompere della velocità meccanica sulla scena urbana in particolare mediante la comparsa dell'automobile.

### ***1.2.2 Paradigmi di città nel '900***

Sotto l'impulso dell'ideologia macchinista e dell'estetica industriale, questi fenomeni indussero ad una revisione dell'idea di strada, che diviene protagonista della trasformazione del paesaggio e della città, scalzando di fatto le ferrovie e le stazioni, accompagnata da una più ampia riflessione sulla città.

Si affermano "modelli di città", elaborati da figure di riferimento dell'urbanistica moderna nel tentativo di regolare le forme dell'espansione della città dalla metà dell'ottocento alla metà del novecento. I modelli urbanistici guardavano la città ottocentesca come lo scenario urbano nel quale si comincia a immaginare e sperimentare il progetto delle infrastrutture per il trasporto, al fine di consentire l'implementazione delle nuove forme di mobilità scaturite dai recenti progressi tecnologici dell'era industriale. La forma compatta della città esistente mette in luce sin da subito la difficile adattabilità degli insediamenti urbani alle esigenze del trasporto, inaugurando una stagione molto fertile di riflessioni e proposte sul futuro sviluppo delle città.

Architetti e urbanisti iniziano dunque ad immaginare la "città del domani", in cui i nuovi mezzi di trasporto e le possibilità ad esse collegate influenzano scelte ed indirizzi progettuali. L'intensità e la direzione degli spostamenti, i rapporti tra l'infrastruttura, gli impianti tecnici e la planimetria urbana, la separazione dei percorsi e gli operatori coinvolti nella produzione e nella gestione delle nuove strutture, costituiscono le principali questioni a partire dalle quali avviene il ripensamento della città del futuro prossimo.

Nelle riflessioni dei primi teorici dell'urbanistica, una notevole attenzione è rivolta alla questione dell'organizzazione dei flussi di traffico ed alla necessità di operare una distinzione tra le diverse forme d'uso della strada urbana, prediligendo quella di asse di connessione.

Ben prima che avesse luogo la diffusione dell'automobile come mezzo di trasporto<sup>9</sup>, autori quali Joseph Stübben teorizzano la necessità che la dimensione tecnicofunzionale della strada risulti prevalente su tutte le altre e che questa si configuri, in primo luogo, come spazio del movimento.

---

<sup>9</sup> Nelle città europee, infatti, le prime automobili compaiono intorno alla metà degli anni Venti del Novecento, mentre la diffusione massiccia del nuovo mezzo di trasporto si avrà solo dopo il secondo conflitto mondiale

Nel suo Manuale di Architettura del 1890, Stübben, infatti, afferma: “Le strade urbane, come le strade di comunicazione tra un centro e l’altro sono in primo luogo assi di traffico; solo in secondo luogo servono perché ai lati sorgono degli edifici” (Calibi, Piccinato, 1974). In generale, a fronte della palese incapacità della strada urbana tradizionale di supportare l’organizzazione funzionale della città moderna e, soprattutto, il progressivo diffondersi di nuovi mezzi di locomozione, si afferma il principio della separazione dei diversi tipi di traffico mediante la differenziazione e la gerarchizzazione della rete viaria (Gaudin, 1989).

Tale principio trova ampio spazio nella letteratura manualistica che, tra fine Ottocento ed inizio Novecento, opera una strenua classificazione delle possibili tipologie di strade in relazione alle diverse forme d’uso; l’attento studio di sezioni stradali tipo diviene, così, uno dei principali strumenti utilizzati al fine di garantire il funzionamento più efficiente possibile della macchina urbana.

L’attenzione riservata alla strada in quanto spazio privilegiato del movimento e della velocità meccanica, del resto, si colloca all’interno di un clima di generale esaltazione dell’ideologia macchinista, alimentato dal travolgente progresso tecnologico.

Le numerose innovazioni tecniche sembrano giustificare lo sviluppo di visioni innovative della città in cui auto, treni ed altre forme meccanizzate di trasporto diventano le assolute protagoniste. L’espressione più vivida di queste tensioni è senza dubbio offerta dai manifesti dell’avanguardia futurista che immagina la città come luogo del trionfo delle nuove tecnologie; locomotive, aerei e macchine trasformano lo spazio urbano rendendolo dinamico, rapido, elettrico.

La strada, nel Manifesto dell’Architettura futurista di Antonio Sant’Elia, sprofonda sottoterra per trasformarsi in tunnel del trasporto metropolitano mentre “passerelle metalliche e velocissimi *tapis roulants*” assicurano le connessioni pedonali<sup>10</sup>. La predominanza dello spazio del moto sugli altri componenti urbani trova forse la sua espressione più radicale nel filone di ricerca delle città lineari.

In tale direzione si era mosso l’ingegnere spagnolo Arturo Soria y Mata, tra i primi a intuire il legame tra la città e le tecnologie per il trasporto, il quale presentò nel 1882 per la prima volta la “Città lineare” come soluzione al problema della congestione nella città moderna.

Egli sperimenta un modello insediativo in cui l’infrastruttura - stradale e/o ferroviaria - , non potendosi adattare alla struttura compatta della città esistente necessita un ripensamento dell’impianto urbano; diviene l’elemento determinante dello spazio urbano, in quanto non solo ne stabilisce la forma ma ne detta le regole di funzionamento ed accrescimento. Rykwert, addirittura, vede la *Ciudad Lineal* come trasposizione di “un diagramma analitico delle funzioni urbane, dominato dal trasporto”. Questo tipo di diagrammi, tradotti in schemi verticali o orizzontali, sono “alla base di ogni concetto di suddivisione in zone: il morbo che ha eroso ogni teoria di pianificazione e tutte le teorie urbane” (Rykwert, 1982).

---

<sup>10</sup> “Noi dobbiamo inventare e rifabbricare la città futurista simile ad un immenso cantiere tumultuante, agile, mobile, dinamico in ogni sua parte [...] la strada, la quale non si stenderà più come un soppedaneo al livello delle portinerie, ma si sprofonderà nella terra per parecchi piani, che accoglieranno il traffico metropolitano e saranno congiunti per i transiti necessari, da passerelle metalliche e da velocissimi *tapis roulants*”. Antonio Sant’Elia, *Manifesto dell’Architettura Futurista*, 11 luglio 1914, in E. Crispolti, *Attraverso l’architettura futurista*, Fonte D’Abisso, Modena, 1984.

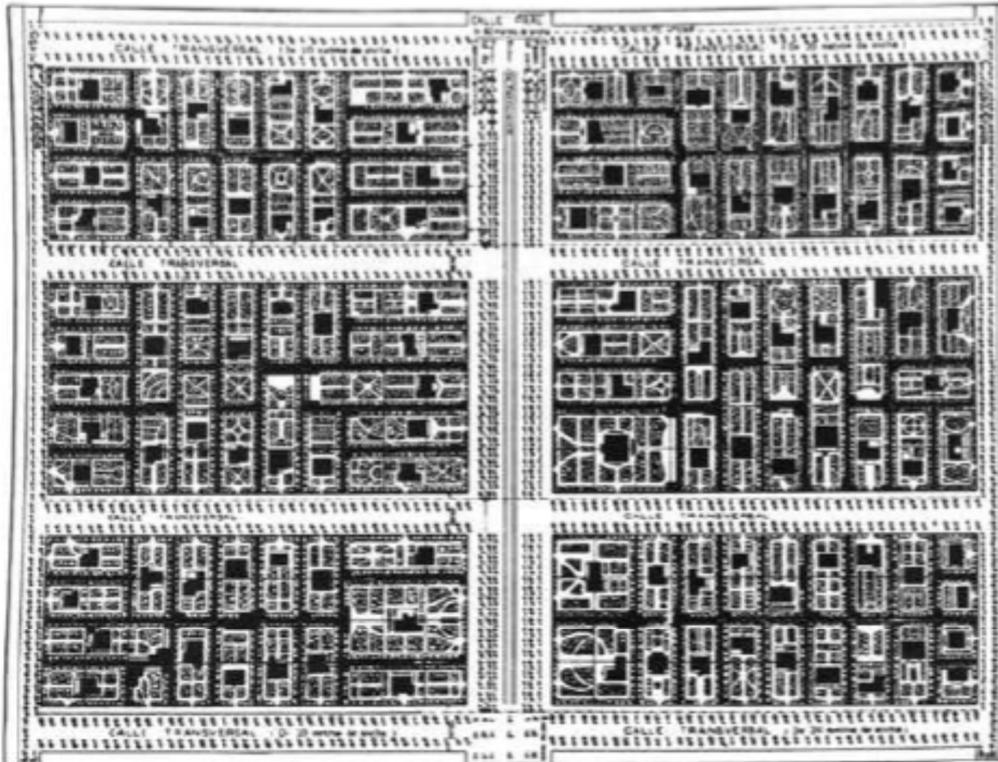
La Città Lineare vuole essere un'alternativa radicale al modello di sviluppo della città compatta tradizionale che si accresce intorno ad un nucleo originario. La città, quindi, avrebbe abbandonato la sua forma concentrica in favore di un più funzionale sviluppo lineare, in cui le infrastrutture meccanizzate di trasporto diventano "matrici" dell'insediamento urbano stesso (Collins, Flores, 1968). Il modello insediativo utilizza basse densità capaci di assicurare buona qualità ambientale ed igiene edilizia controllata. Il modello territoriale prevede che le espansioni avvengano seguendo un tracciato lineare con basse densità insediative attestandosi e collegando i nuclei compatti esistenti (le "città puntuali") e dando luogo alla scala territoriale ad un reticolo di "triangolazioni". Elemento portante della città lineare è un asse infrastrutturale composto da strade carrabili ed una tramvia a doppio binario.

Sui lati dell'asse infrastrutturale si sviluppa in modo simmetrico l'insediamento residenziale organizzato per isolati omogenei. L'insediamento si fonda su una precisa gerarchia stradale organizzata su tre ordini. L'elemento ordinatore è la "strada principale", un viale alberato a sezione complessa largo 40 metri che si compone: di una parte centrale dove corre la linea tramviaria; dei camminamenti per i pedoni; delle corsie per le biciclette; delle carreggiate esterne per la viabilità.

Ortogonalmente alla strada principale si collocano le arterie di distribuzione della residenza dette "strade trasversali" larghe 20 metri e distanti tra loro 80-100 metri. Il limite esterno dell'insediamento è definito dalla "strada posteriore" larga 10 metri e distante 200 metri dalla strada principale. Dalla maglia stradale risultano definiti isolati rettangolari di 80-100 per 200 metri (Gabelini, 2001).

La città lineare rappresenta oggi un contributo teorico dotato di un forte intuito se visto in relazione alla reale crescita urbana che, nel corso del Novecento, ha riguardato porzioni sempre più ampie di territorio.

Nei primi anni del Novecento, accanto alle visioni elaborate dal movimento futurista ed alle immagini in qualche modo utopiche proposte dalle città lineari, si collocano alcune esperienze che, pur prefigurando scenari innovativi per lo sviluppo della città, sono connotate da una maggiore concretezza e dal tentativo di indagare l'elemento spaziale della strada senza necessariamente ridurne la densità funzionale ed il portato sociale di spazio dell'incontro.



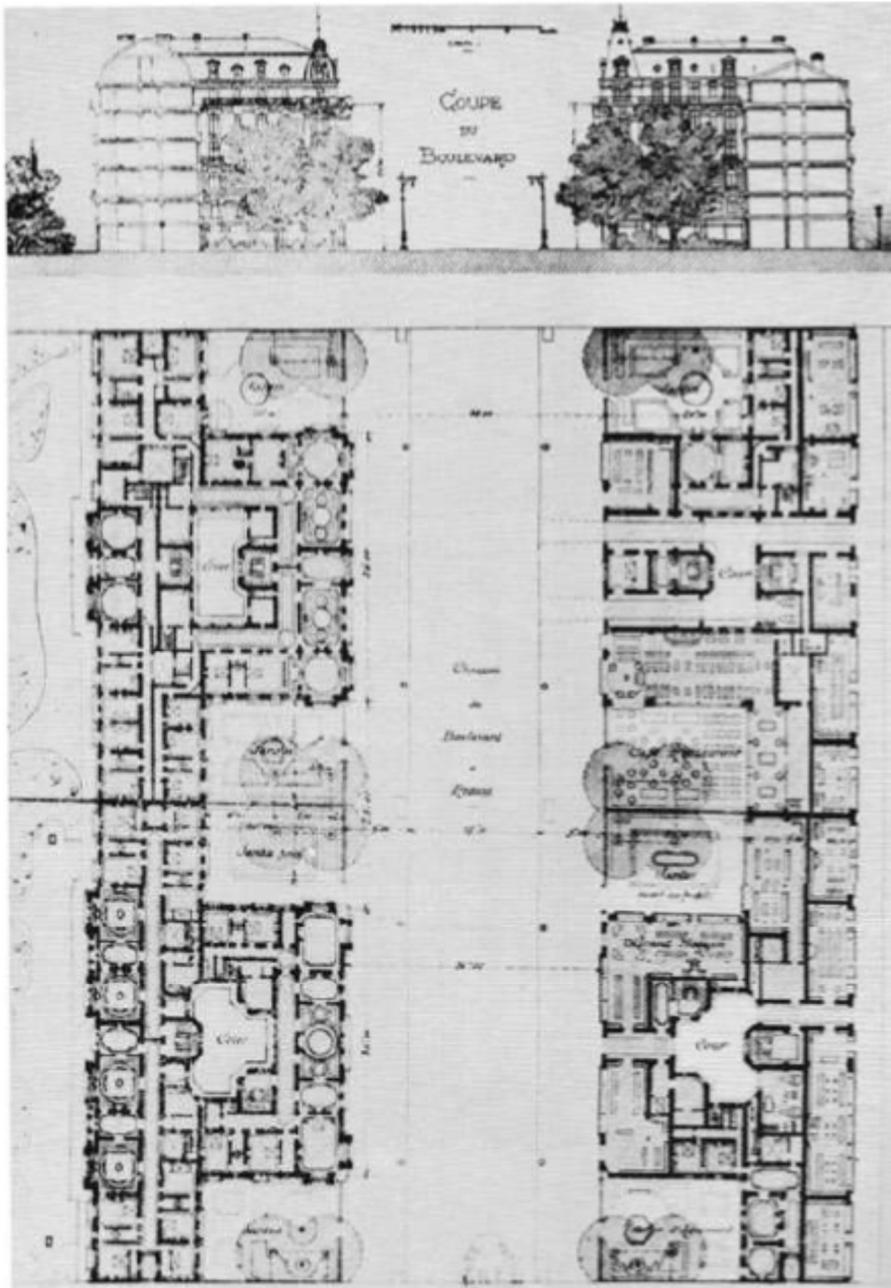
8. Arturo Soria y Mata, Ciudad Lineal di Madrid, 1890. Pianta e sezione della strada principale

In tale direzione, si è mosso una delle figure più rappresentative nella progettazione urbanistica basata sul ripensamento della rete stradale: Eugène-Alfred Hénard. Architetto e urbanista, pioniere delle rotonde, introdotte per la prima volta a Parigi, nel 1905 propose la regola secondo cui agli incroci trafficati i veicoli sulla destra avevano la precedenza. Grazie alle sue intuizioni, ricerche e idee si ebbe il primo regolamento ufficiale sul traffico pubblicato nel 1912 *“Théorie générale de la circulation”* (Gravagnuolo, 1991).

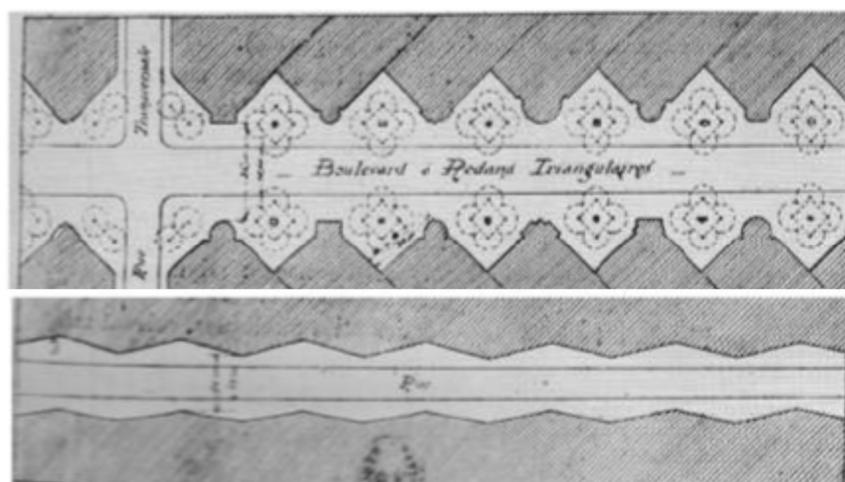
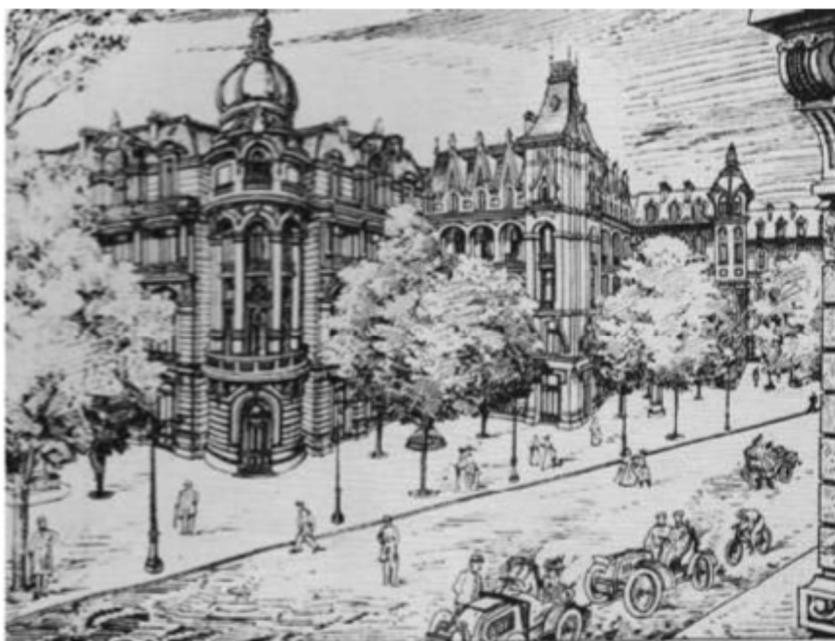
Nell’immaginare di conciliare gli aspetti tecnico-funzionali della circolazione con i caratteri estetici e morfologici della città moderna egli propone, nei primissimi anni del ‘900, un sistema di infrastrutture impostato su più livelli.

Negli studi di Eugène Hénard per la Città del Futuro (1910), l’infrastruttura stradale diventa, dunque, elemento complesso che, articolandosi su molteplici livelli, è in grado di integrare edifici e spazio del movimento in un disegno fortemente innovativo dello spazio urbano Hénard manifesta una visione integrata della strada che, in una relazione di continuità con la struttura urbana, si presenta come manufatto denso in grado di consentire usi diversificati. L’attento studio della possibile articolazione dei profili stradali – realizzata mediante una analisi delle relazioni tra i diversi elementi della strada (marciapiedi, piantumazioni, allineamenti) - mira a garantire un migliore livello di circolazione preservando, al tempo stesso, la polivalenza degli usi

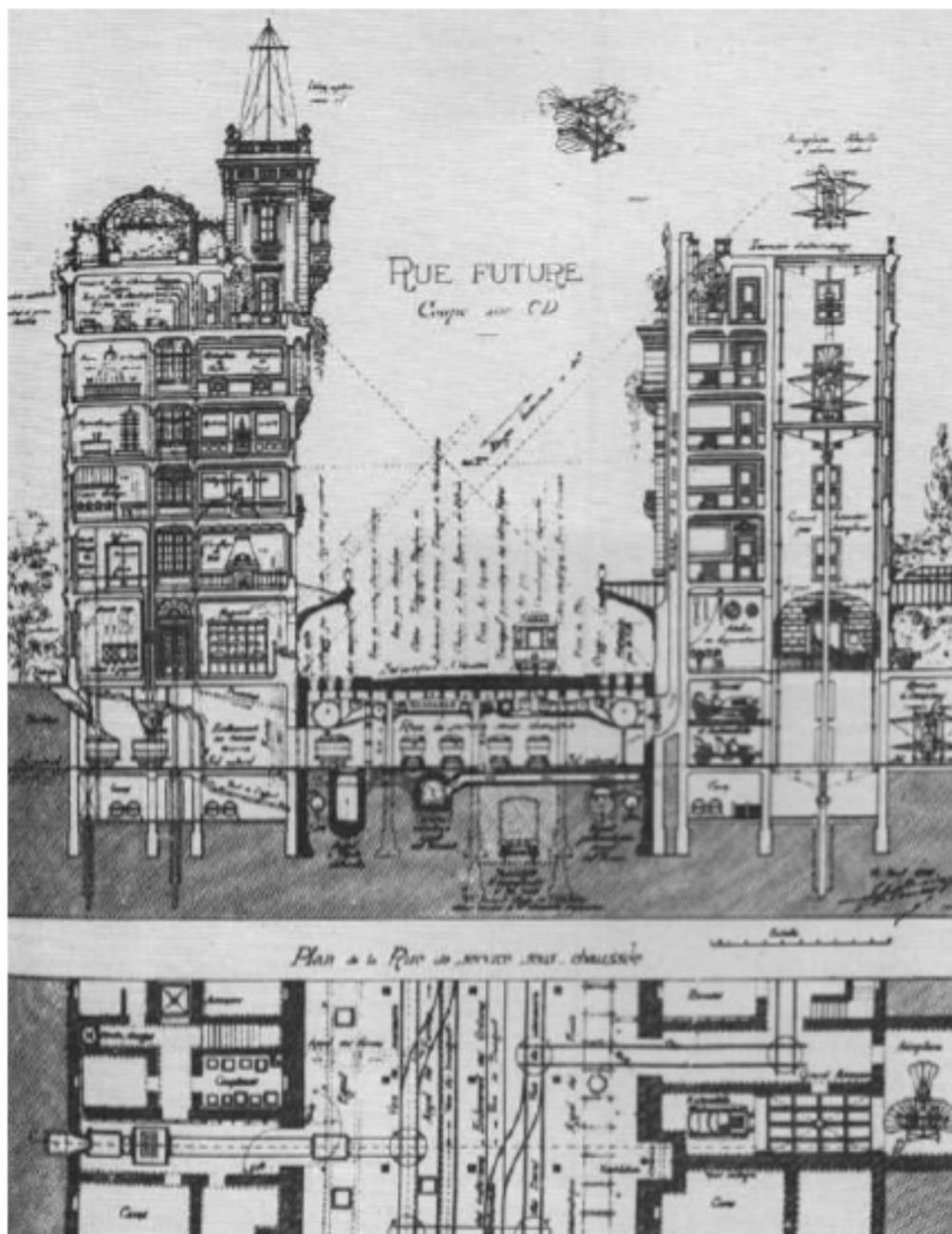
Egli divide la circolazione in sei categorie, ad ognuna delle quali è assegnata un tipo di strada pubblica appropriata all’uso specifico. Come fosse un terzo edificio, la strada è composta di piani differenti, alcuni dei quali interrati, e ognuno dedicato a un tipo diverso di circolazione: *“L’errore è quello di basarsi sulla vecchia idea che la quota della strada debba essere stabilita al livello originario del suolo naturale. Nulla giustifica questo modo di procedere. Infatti, se si parte dall’idea opposta che i marciapiedi e la carreggiata debbano essere stabiliti artificialmente a un’altezza sufficiente per lasciare al di sotto uno spazio che contenga tutti i servizi viari, le difficoltà segnalate più sopra spariscono totalmente. [...] La pavimentazione, in legno o in qualsiasi altro materiale elastico, rivestirebbe una piattaforma monolitica in cemento armato. Questa piattaforma costruita a un’altezza di 5 metri sopra il livello naturale, sarebbe appoggiata lateralmente su due pareti in muratura, parallele ai muri di facciata delle proprietà limitrofe, dai quali sarebbero separate soltanto da breve distanza. Fra i muri laterali, la piattaforma poggerrebbe su varie file di pilastri, distanziati tra di loro di circa 4 o 5 metri”* (Calabi, Folini 1976).



9. Eugène Alfred Hénard, progetto di boulevard a redans. Immagine tratta da Calabi D., Folini M. (a cura di), Eugène Hénard. La costruzione dell'urbanistica, Padova, Marsilio Editore, 1972 (1903 - 1910)



10. Eugène Alfred Hénard, allineamenti discontinui: boulevard a redans triangolari. Immagine tratta da Calabi D., Folini M. (a cura di), Eugène Hénard. La costruzione dell'urbanistica, Padova, Marsilio Editore, 1972 (1903 - 1910)



11. Eugène Alfred Hénard, *Strada futura*, 1903-1911, sezione e pianta dei servizi sotterranei

La forza della proposta di Hénard risiede nella volontà di dare una risposta ai differenti aspetti urbani che subiscono un cambiamento in seguito al modificarsi della circolazione.

La strada su vari piani è il tentativo di salvaguardare il carattere pubblico dello spazio urbano per i pedoni, senza rinunciare all'efficienza delle nuove tecnologie di trasporto e integrando nella sezione stradale anche il sistema di smaltimento dei rifiuti.

Il contributo teorico di Eugene Henard alla trasformazione dello spazio fisico della città industriale ha un carattere tecnico e visionario al tempo stesso e rappresenta un contributo molto interessante allo studio dei problemi della circolazione. I contributi sulle possibili trasformazioni della città di Arturo Soria y Mata e Hénard sono stati fondamentali e influenzarono l'elaborazione del progetto per la città del '900. Le soluzioni proposte muovono da un punto di partenza comune e arrivano a prefigurare scenari urbani molto differenti tra loro.

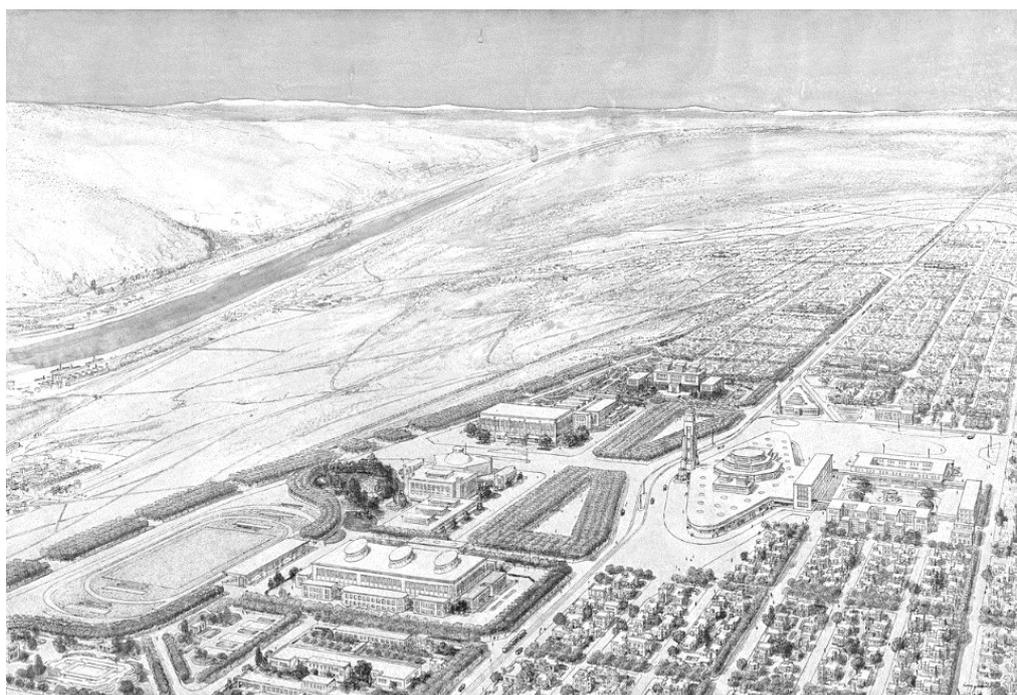
Per Arturo Soria l'infrastruttura diventa il nuovo scheletro del progetto urbano, e le esigenze della circolazione modificano interamente la nuova forma della città che, in questo modo, risulta subordinata alla necessità dei collegamenti su larga scala. Eugène Hénard, al contrario, immagina di ristrutturare la città esistente in modo da ospitare al suo interno i nuovi e differenti tipi di circolazione, lasciandone invariata l'immagine complessiva. Nella "Città lineare" il trasporto è considerato in relazione alla sua natura primaria, quella di accorciare le distanze grazie all'aumento della velocità degli spostamenti, e acquista quindi una dimensione territoriale; mentre nella *Théorie générale de la circulation* la viabilità veloce è ancora intesa alla scala della città, trovandosi per questa ragione a fare i conti con un maggior numero di vincoli.

Nella *Cité Industrielle* di Tony Garnier, il sistema infrastrutturale, stradale e ferroviario, è il fulcro del nuovo insediamento, mentre le grandi attrezzature urbane sono disposte nel territorio circostante (Benevolo, 1992). Il sistema dei tracciati è ortogonale e si articola in 4 tipologie stradali. L'arteria principale con orientamento est-ovest è larga 40 metri e presenta una sezione piuttosto complessa composta da due sensi di marcia ciascuno suddiviso in tre corsie: per i veicoli lenti, per i veicoli veloci e per la ferrovia. Il marciapiede nord largo 6 metri è senza alberature; quello sud largo 13 metri è dotato di alberature distanziate 7,5 mt. Le strade di secondo livello sono orientate nord-sud e sono perpendicolari all'arteria principale. Hanno una sezione di 20 metri e marciapiedi di 5 metri. Le strade di terzo livello distribuiscono i lotti residenziali, sono parallele alla strada principale e hanno 2 sezioni che si alternano: ogni due strade strette (di 13 metri non alberate) una strada larga di 19 metri con marciapiedi (sud 5,5 metri alberato, nord 2,5 metri non alberato). Eccezione alla griglia ortogonale è data da alcune strade curvilinee che collegano la zona residenziale alle zone extraurbane.

Queste esperienze, che offrono un contributo fondamentale nell'ambito della riflessione sul rapporto tra strada e impianto urbano, preludono alla svolta storica costituita dall'affermazione del Movimento Moderno.

Nei decenni successivi, infatti, il rafforzarsi di una visione della città come macchina, il cui corretto funzionamento può essere assicurato solo dalla perfetta funzionalità delle diverse componenti, rende il tema della circolazione delle persone e dei veicoli sempre più rilevante. È l'affermazione della logica della catena di montaggio e della

specializzazione funzionale che hanno rivoluzionato il sistema produttivo e che, applicate all'organizzazione degli spazi urbani, sono destinate a trasformare la strada essenzialmente in spazio del moto.



12. Tony Garnier, *Cité Industrielle*, 1917

### **1.2.3 L'epoca moderna**

L'insieme delle riflessioni e delle esperienze che hanno accompagnato il passaggio tra il XIX ed il XX secolo, si codifica, a partire dagli anni Venti, nel Movimento Moderno che - soprattutto attraverso la figura di Le Corbusier - tenta una rifondazione dell'idea di strada nell'ambito di una più ampia riflessione sulla città e la sua organizzazione. La *mort de la rue corridor*, enfaticamente proclamata da Le Corbusier, costituisce in qualche modo, l'enunciazione formale di un processo di revisione del concetto di strada urbana, le cui radici possono essere rintracciate nel modello del *boulevard haussmaniano*, e nelle sue derivazioni.

Per Le Corbusier, l'abolizione della strada corridoio, chiusa tra gli isolati e definita dalle cortine edilizie, rappresenta, dunque, un passaggio necessario per la costruzione di un modello completamente nuovo di città basato sulla scomposizione funzionale delle sue parti e sull'inversione del rapporto tra spazio aperto e tessuto edilizio. È questa la città che prende vita nel congresso del CIAM del 1933, e che trova la sua formulazione dottrinale negli articoli della Carta di Atene, pubblicata in forma anonima dallo stesso Le Corbusier dieci anni più tardi.

L'autonomia riconosciuta alla strada in quanto spazio del movimento si traduce in un rovesciamento del modello urbano ottocentesco della città classica; il legame strutturale tra abitato urbano e rete viaria viene meno. È evidente che rispetto a questo modello urbano il concetto di strada deve essere totalmente rivisto: "la parola strada è divenuta oggi simbolo di disordine. Sostituiamo a questa parola (ed alla realtà che essa esprime) i concetti di percorso pedonale e di pista per automobili o autostrada, ed organizziamo questi due nuovi elementi l'uno in relazione all'altro" (Le Corbusier, 1965).

La circolazione, nettamente distinta tra pedonale e veicolare, costituisce la rete/griglia di supporto e di distribuzione alle altre funzioni della città: abitare lavorare e divertirsi. La griglia urbana supporta il movimento, in cui uno spazio non è misurato in metri, ma in "metri al secondo", ovvero in termini di velocità. È uno spazio dove la caratteristica peculiare non è la sua geometria ma il movimento che si può verificare in esso. La definizione di questo tipo di spazio è la relazione parallela e/o dialettica non tra due grandezze comparabili, ma tra una esigenza di movimento e velocità (una funzione) ed una misura geometrica (spazio).

Alla griglia urbana viene quindi associato il concetto di movimento espresso nella modernità, come sinonimo di meccanizzazione, di produzione di massa, di maggiore informazione.

L'automobile si configura come l'assoluta protagonista di questo spazio destinato al movimento; una nuova figura spaziale, in cui la velocità domina, viene formalmente introdotta come elemento della città moderna.

In senso fisico, questo tipo di associazione produce dei cambiamenti strutturali nel significato e nella forma degli spazi. La griglia urbana non è un elemento passivo, ma condiziona lo sviluppo del costruito. Il Movimento Moderno lo associa alla circolazione automobilistica; si tratta di una condizione ed una funzione presente nelle città dalla nascita della meccanizzazione, fortemente relazionata ai trasporti meccanizzati. Il trasporto è infatti l'elemento che sta alla base di tutte le moderne attività, ma che ha trovato difficoltà a relazionarsi con la struttura antica delle città, in particolare in ambito europeo.

In "Verso una architettura"<sup>11</sup>, Le Corbusier (1931) definì il movimento come sinonimo di accelerazione dei tempi di vita, sinonimo di velocità. Le automobili sono costruite per un trasporto più veloce, ma la struttura degli spazi della città impedisce lo sviluppo della velocità. Il movimento è sinonimo di velocità. Le automobili sono costruite per un trasporto più veloce, ma la struttura degli spazi della città impedisce lo sviluppo della velocità. Fino alla Rivoluzione Industriale<sup>12</sup>, infatti, la struttura urbana si è evoluta su un unico modello. Gli spostamenti di persone, merci, informazioni avvenivano a piedi

---

<sup>11</sup> La prima esposizione delle idee di Le Corbusier, come principale rappresentante del Movimento moderno in Architettura, è apparsa in *Vers une Architecture* (1923), come un insieme di articoli originariamente scritti per la rivista d'avanguardia *L'Esprit Nouveau*. *Towards a New Architecture* (1931) è la versione inglese di questo manifesto, nel quale Le Corbusier espone le sue teorie tecniche ed estetiche, le sue idee sull'Industria e l'economia, le relazioni tra la forma e la funzione, lo spirito della produzione di massa.

<sup>12</sup> Una delle conseguenze della Prima Rivoluzione Industriale fu l'assunzione di un ruolo fondamentale da parte delle infrastrutture di trasporto nella progettazione dell'ambito urbano europeo, avvenuto anche a causa della formazione del terziario, per l'esigenza di spostare un quantitativo molto superiore di merci dai luoghi di produzione ai luoghi di distribuzione, ma anche per fornire la possibilità di spostamenti più veloci, in tempi relativamente brevi, dai luoghi di lavoro alle abitazioni.

o con mezzi a trazione animale; la dimensione e l'organizzazione degli spazi serviva a questo scopo. La Seconda Rivoluzione Industriale ha determinato una trasformazione delle città storiche. In pochi decenni le città si sono espanse a macchia d'olio sul territorio, originando fenomeni di forte mobilità, tra il centro e le aree di espansione. La viabilità si adegua alla mobilità veicolare. Il movimento ha un carattere temporale giornaliero. La comunicazione giornaliera permette di impostare in modo più veloce anche il mercato e le condizioni di lavoro. La possibilità di svolgere del lavoro in minor tempo permette di cambiare lo stile di vita. Il movimento più fluido è quello che non trova ostacoli e si sviluppa sulla linea. Il movimento è anche sinonimo di linearità.

La città contemporanea, quindi, macchina vasta e complessa, può essere ricostruita adeguatamente sul concetto di ordine e di linearità. Lo stato "di caos" degli spazi delle città europee di inizio secolo, la cui forma medievale impedisce lo sviluppo di un sistema residenziale e di un sistema di trasporto per la città contemporanea, può essere superato tramite la costruzione di un modello regolare, proponendo strade ampie per la città contemporanea dirottando la congestione dal centro tramite la linearità delle strade (Le Corbusier, 1929). I suoi ampi spazi garantiscono la fluidità del traffico automobilistico. Il concetto di movimento come linearità si esplica quindi in senso spaziale. Una strada deve essere bene "equipaggiata" per permettere la circolazione.

Le Corbusier sosteneva che una delle maggiori rivoluzioni dell'epoca moderna dell'ingegneria meccanica riguardasse il fatto che la forma si sviluppa principalmente in accordo con la funzione (Le Corbusier, 1931).

La componente principale dei flussi veicolari è costituita dall'automobile. L'automobile sposta le funzioni della città nel suo centro, legata al concetto di movimento come *business*. Se modalità di trasporto quali la ferrovia congiungevano centri distanti tra loro, dove si concentravano interamente gli interessi della società, con l'automobile i punti di interesse si disperdono. Una delle ragioni che spinge il cittadino a scegliere il mezzo privato è il livello di comodità, comune a tutti i mezzi, garantito dalla produzione di massa. La periferia è la "parte di territorio urbano" che si relaziona all'automobile, ed ogni punto raggiungibile con l'automobile diventa centro, nodo di un sistema esteso a rete. Anche il nuovo progetto di strada è composto da una serie di spazi suscettibili di una infinita serie di variazioni, poiché formati da elementi prodotti in serie.

Nell'epoca della meccanizzazione, Le Corbusier propone la questione della natura formale della strada in relazione alla mutazione della città contemporanea, sviluppando la tesi che la città contemporanea può solo funzionare su un ordine regolare. La città è concepita come un nuovo organo totalizzante, in cui le infrastrutture di trasporto sono parte di questo sistema, ma non assumono alcuna autonomia rispetto al costruito, né rispetto alla totalità della città. Il significato di movimento come produzione di massa si esplica nella concetto di città come una macchina di produzione, di spazi e di funzioni. La struttura del centro, di forma medioevale, non è adatta a supportare questa innovazione.

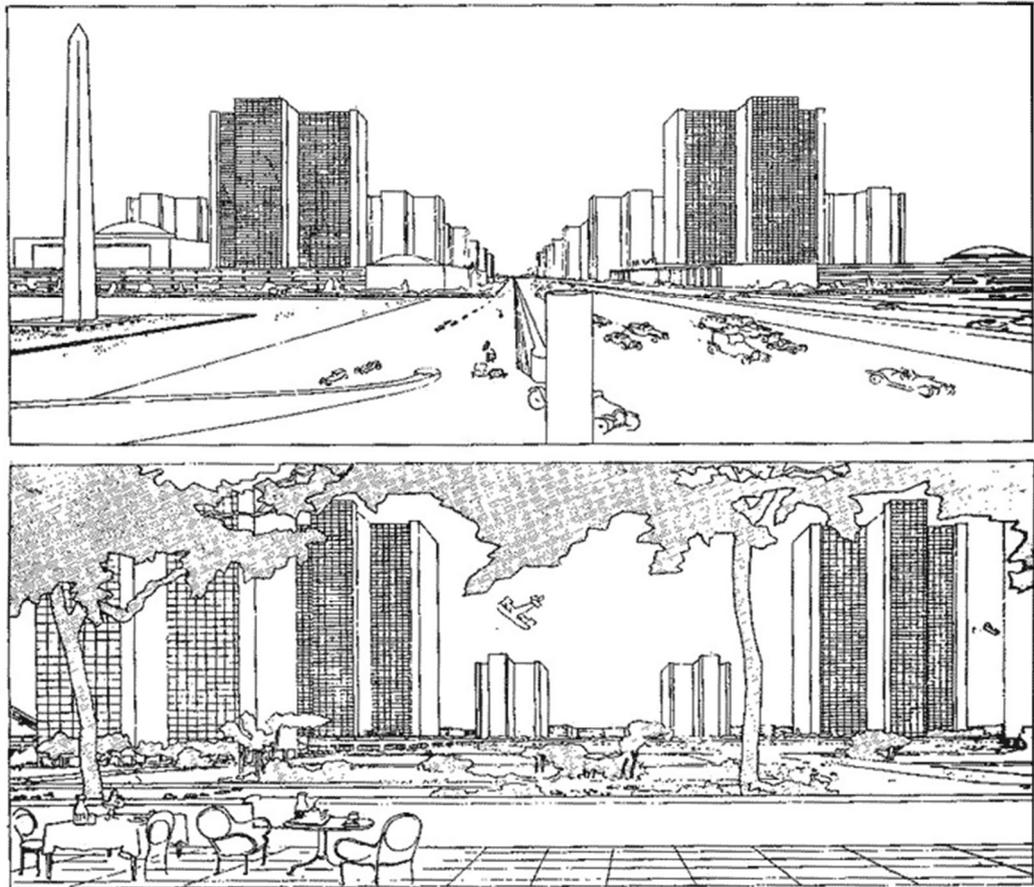
Tale innovazione può essere sviluppata all'interno di spazi attrezzati per la produzione di massa, "spazi in serie" (parcheggi), dove sistemare la "produzione stessa" (automobile).

La strada diventa il principale elemento della città contemporanea che consente la velocità veicolare ed una maggiore circolazione, atto ad economizzare il tempo di

percorso, ma costituisce anche lo spazio aperto della città. L'architettura della strada e dell'automobile divengono funzione della modernità.

Le Corbusier propone due schemi per una "ricostruzione urbana", vale a dire *Plan Voisin* per il centro di Parigi e il più "sviluppato" Piano per una "Città per tre milioni di abitanti".

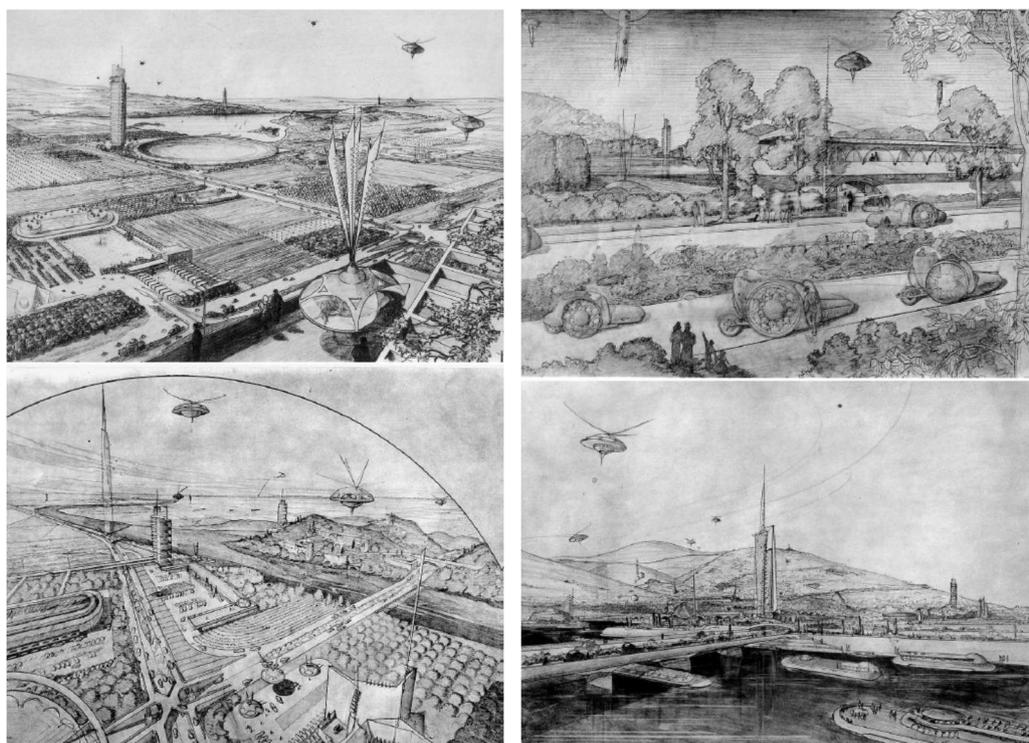
In quest'ultima, la densità abitativa può essere incrementata nel centro se il movimento è fluido. L'architettura si relaziona alla strada come spazio che riorganizza la densità abitativa e permette una separazione delle modalità di spostamento (traffico lento, traffico veloce). Le differenti modalità di trasporto penetrano in modo capillare nella città, garantendo maggiore intercambiabilità tra i sistemi stessi. Il sistema delle comunicazioni è molto specializzato, con una netta separazione dei differenti tipi di traffico. La stazione ferroviaria si trova in mezzo ai grattacieli. Essa è connessa al sistema di metropolitana che corre nel sottosuolo dei grattacieli e alla strada per il traffico veloce. Così, tramite una serie di passaggi sotterranei, gli spazi adibiti a parcheggio sono connessi alla linea metropolitana ed alla stazione ferroviaria. Questo tipo di fluidità non pone limite al traffico motorizzato.



13. Le Corbusier, *prospettiva della Città contemporanea per tre milioni di abitanti*, 1922.

Il tema del movimento e di uno spazio dedicato al movimento era stato già enucleato da F. L. Wright. Egli afferma infatti che il mezzo di trasporto privato ha reso possibile una nuova “grammatica” a scala urbana, ma anche una libertà mai vista nel progetto della città (Wright, 1935). L’automobile può provvedere ad una differente padronanza del tempo e dello spazio, sulla quale la città contemporanea potrebbe essere ricostruita. Wright è affascinato dall’automobile, convinto che le sue potenzialità possono rivoluzionare la vita moderna. Wright parte da una visione organicista, dove la macchina è al servizio dell’uomo. *Broadacres city*, città ideale, è la “rappresentazione tridimensionale della sezione trasversale di una intera civilizzazione”, che è stata radicalmente decentralizzata, in cui non ha centri riconoscibili, luoghi dove si noti chiaramente la differenza tra il naturale e l’artificiale. *Broadacre City* non è una città legata all’autosussistenza ed al mondo rurale, semmai un nuovo modo per rappresentare l’epoca della meccanizzazione, proprio attraverso una rete di infrastrutture che dovrebbero coprire 100 miglia quadrate o più. Wright fonda il concetto di decentralizzazione sull’uso dell’automobile e sulla costruzione di superstrade (Fishman, 1982). I cittadini motorizzati di *Broadacre City* si possono spostare all’interno della città, viaggiando a 60 miglia all’ora. Qui anche le unità residenziali sono state pensate in funzione della automobile (dalla casa con garage per una automobile fino alla casa con garage per cinque automobili). Ciò che rende dispersa *Broadacre city* è la sua accessibilità e permeabilità in ogni punto. L’accessibilità è garantita dall’alta velocità di circolazione ed i tempi minimi di interscambio ed è uniformemente distribuita. *Broadacre City* anticipa i principi di democratizzazione della dispersione. Nella città il ruolo peculiare del sistema infrastrutturale supera quello del semplice trasporto, per arrivare al concetto di organizzazione della forma e dello spazio del costruito. Come “città del futuro”, è il luogo dove la mobilità, legata all’uso dell’automobile, porta libertà.

Lo schema della città, oltre a favorire al massimo la flessibilità, contribuisce in maniera rilevante a risolvere la congestione del traffico attraverso la dispersione totale e l’equilibrata distribuzione dei carichi di mobilità. La struttura a “tappeto” della rete delle comunicazioni, pur essendo legata al mezzo Individuale di trasporto, è strutturata su una maglia continua studiata per un flusso uniforme in ogni direzione, dove non vi sono punti nodali preminenti.



14. Frank Lloyd Wright, *Broadacre City*

Il profondo legame che lega l'infrastruttura per il trasporto tanto al territorio quanto alla città è il tema al quale gran parte della produzione architettonica e urbana ha cercato di dare risposta durante tutto il '900. Il Movimento Moderno ha tentato di conciliare le due scale dando maggior rilievo o al carattere territoriale o alle qualità più propriamente urbane.

L'istanza rifondativa dell'idea di strada avanzata dal Movimento Moderno, dunque, sul piano concreto si traduce, in buona parte, nella sua specializzazione come spazio del moto; a tale operazione, che risponde al principio di separazione delle funzioni sancito dalla cultura urbanistica moderna, in genere si fa risalire il progressivo processo di impoverimento del tema progettuale della strada ed il suo allontanamento delle discipline architettoniche e urbanistiche, una volta venuta meno la carica innovativa proposta dalle opere dei grandi maestri del Movimento Moderno.

Se l'indipendenza tra contesto urbano e tracciato stradale - teorizzata dagli aspetti più diffusi e schematici del Movimento Moderno a partire dalle intuizioni lecorbusieriane - ha avuto senza dubbio un ruolo determinante nel processo di semplificazione monofunzionale della strada e nella sua riduzione ad elemento autoreferenziale nel territorio, è bene sottolineare come la strada rimanga elemento primario di organizzazione del territorio stesso, in grado di strutturare i rapporti tra le parti e in questo modo dare forma alla città. La strada, apparentemente negata come principio ordinatore dell'impianto urbano, non solo viene recuperata all'interno del sistema

edilizio, ma viene reinterpretata da Le Corbusier come elemento fondamentale di disegno territoriale; è la strada stessa che diventa città, come mostrano i disegni per il *Plan Obus* (Sica, 1978).

Ma contrariamente a quanto teorizzato, il ruolo strutturante della strada per la città è stato alterato e in molti casi negato nella costruzione della città contemporanea dagli anni '50 in poi, fino a concepire la strada come uno spazio tecnico e specializzato del moto, indipendente ed autonomo dalla città e dal paesaggio attraversati.

Come osserva Vittorio Gregotti (1989) – commentando la conferenza tenuta da Le Corbusier a Rio de Janeiro nel 1929, nel quale questi profetizzava la centralità delle autostrade sul paesaggio “*ciò che prediceva Le Corbusier [...] si è avverato in molte parti, ma il fatto che le grandi infrastrutture siano state costruite per logiche separate è stato fatale proprio alla città ed al paesaggio che esse intendevano servire*”. In questo senso, si può dire che la sfida lanciata dal Movimento Moderno di rifondare l'idea di strada sia andata in gran parte perduta; esaurita, infatti, la forza visionaria ed il rigore teorico del lavoro dei suoi maggiori protagonisti, il tema della strada e la sua potenzialità come figura spaziale innovativa, è stata progressivamente offuscata dall'emergere di altre questioni, divenute ambiti di riflessione e sperimentazione dell'architettura e dell'urbanistica nei decenni successivi.

#### ***1.2.4 Gli anni '50 e '60 e la diffusione dell'automobile***

A partire dagli anni Cinquanta l'attenzione verso il tema della percezione della strada e del paesaggio urbano legata al movimento, costituisce uno degli aspetti progettuali più importanti per la realizzazione di nuove infrastrutture per la mobilità; questo diventa più evidente quando la velocità meccanica irrompe nell'esperienza umana, mutando anche il modo di percepire il territorio. La ferrovia prima e l'automobile successivamente, introducono infatti un nuovo punto di vista sia sullo spazio urbano che sul paesaggio andando a modificare il modo di percepire le distanze. Si può dunque affermare che grazie alla percezione del movimento introdotta dalla velocità meccanica si trasforma anche il modo di leggere il paesaggio.

Nel 1964 venne pubblicato "The View from the Road" (Appleyard, Lynch, Myer, 1964). Più avanti Venturi studia la commerciale Strip (Route 91) di Las Vegas (Venturi, Brown, Izenour, 1972)

Lo sviluppo di nuovi significati attribuiti al termine movimento si interseca con il desiderio di una nuova lettura della città e delle sue dinamiche. Il modo funzionalista di Lynch di costruire la città definisce le infrastrutture di trasporto come nuovi luoghi urbani. Contrariamente alla visione dirompente del Movimento Moderno, con la quale Le Corbusier voleva abbattere parte di Parigi per costruire il Plan Voisin, o grazie alla quale Alison e Peter Smithson definivano le rotatorie stradali come i nuovi elementi che disegnano il paesaggio, Lynch e Venturi operano molto legati alla osservazione della realtà.

Essi tendono a discostarsi dal Movimento Moderno in termini di metodologia, operando in modo più "tollerante". Il sistema stradale, come definisce Lynch, è un territorio progettuale tutto da esplorare da parte degli architetti e degli urbanisti, poichè fino ad ora era sapere degli ingegneri dei trasporti.

Lynch descrive gli stati della struttura e della forma urbana in termini puramente fisici, attraverso un sistema di osservazione oggettivo, adatto a valutare e ad esprimere le relazioni esistenti tra parametri spaziali e parametri socio - economici, tra tipologie organizzative formali di un territorio e gli obiettivi della collettività che vi è insediata. Un processo creativo come la formazione di una città procede per stadi concatenati, ciascuno dotato di una sua interna razionalità. Il tema del movimento e della mobilità costituisce uno di questi stadi.

Il movimento è inteso solo come traffico automobilistico, vale a dire come possibilità di spostamento da un punto di partenza ad un punto di arrivo, riconoscibili nella città contemporanea.

Il tema del movimento si lega in questo caso alla possibilità di lettura della città attraverso una dimensione differente, ovvero quella dell'automobilista. Il movimento significa anche congestione, di natura visuale. L'esigenza di spostamento che caratterizza il vivere quotidiano rende più difficile i viaggi a causa della mancata piacevolezza visuale. L'automobile provvede allo spostamento da un punto di partenza fino alla destinazione. L'ambito spaziale di studio si restringe alla sola strada, in particolare alle strade principali delle città. Inoltre si tratta di una "re-visione della strada", in particolare di come il guidatore, nel suo viaggio, percepisce il "territorio della strada".

La città, nella sua totalità, è comunque un "artefatto di transizione", che provvede alle direzioni. Il tema del movimento è quindi il presupposto per lo studio della strada.

Il movimento è inteso come possibilità di spostarsi sulla strada. Il significato è legato ad una serie di sequenze sceniche. In un certo senso, il tipo di moto descritto da Lynch ricalca ciò che si verifica in un film al cinema. Il ruolo del guidatore è quello di colui che proietta il film, il ruolo del passeggero è quello di uno spettatore. Entrambi guardano il film, con modi di attenzione differenti, attratti da differenti elementi, con propositi diversi.

La strada è considerata solo dal punto di vista del guidatore e non come un punto sostanziale della scena urbana, per esempio per coloro che vi vivono ai bordi. L'esperienza di movimento che si fa sulla strada è una esperienza di tipo sensoriale, caratterizzata da diversi elementi, che costituiscono molti modi di ridirezionare e riformare l'impressione del guidatore, fino a riprogettare la forma del paesaggio che circonda la strada. Gli elementi che caratterizzano questa percezione sono l'attenzione, il senso di movimento e di spazio, l'estensione di sé.

Vi sono anche degli elementi della strada che contribuiscono ad una ridefinizione del senso di movimento, come il suo allineamento, l'orientamento, le forme in sequenza. Il complesso strada-paesaggio, vale a dire la serie di sequenze, permette inoltre a chi è in automobile di assorbire una immagine della città che la renda comprensibile. La sequenza, se ben progettata, organizza la forma della città agli occhi del passeggero. La percezione del movimento lungo la strada è considerata all'interno di un ordine strutturale di elementi costanti (la strada, i suoi spazi "accessori", gli elementi di arredo urbano). Lynch trova che la strada sia percepita completamente, sia dal guidatore che dai passeggeri, nella direzione in fronte a loro, mentre venga percepita solo in parte lateralmente. In percentuale, solo un terzo dell'attenzione è indirizzata quindi al lato.

Inoltre, gli elementi "in movimento" e non quelli "stabili" catturano l'attenzione. L'unico punto di differenza in questo processo riguarda il momento in cui il guidatore/osservatore supera una barriera visuale e si riorienta nella nuova sequenza scenica. La sequenza visuale che la caratterizza deve quindi essere lunga, reversibile, ed offrire la possibilità di interruzioni. La necessità visuale è evidenziata come uno degli elementi che fortemente condizionano la progettazione di una strada.

Per Robert Venturi il significato di movimento è direttamente collegato all'influenza che l'automobile ha avuto nella trasformazione degli spazi della città. "Learning from Las Vegas" è un lavoro di osservazione dello spazio dell'automobile nella città, calibrata a misura dell'automobile, nella società dell'automobile. Ma movimento significa anche architettura. Si tratta di un nuovo concetto sul quale sviluppare non solo il rapporto tra gli spazi aperti e costruiti all'interno della città, ma anche il rapporto tra la strada e gli edifici. Inoltre, in questo "nuovo ordine spaziale correlato all'automobile, ( ... ) l'architettura abbandona la forma pura in favore dei mezzi di comunicazione" (Venturi, Brown, Izenour, 1972)

L'uso degli spazi urbani, grazie al movimento meccanico che vi passa attraverso, diviene qualcosa di cinematografico, che riflette un'immagine della città catturata dall'automobile. La città non è solo un luogo dove arrivare con l'automobile, ma da "catturare" con l'automobile.

Venturi descrive una architettura commerciale alla scala della *highway* (strada principale). Lo spazio della città medioevale risulta affascinante per la sua dimensione di tangibilità. È un tipo di spazio alla scala pedonale, la cui maneggiabilità dipende dalla dimensione e dal suo carattere di chiusura.

La *Strip* è qualcosa di differente. Non si tratta di caos, ma di un nuovo ordine spaziale relazionato all'automobile ed alla comunicazione delle strade principali, in un'architettura che abbandona la forma pura in favore dei mezzi di comunicazione. Il sistema della comunicazione, dei messaggi pubblicitari crea la mappa della *Strip*.

La struttura del nuovo ambito urbano è costituita da un insieme di luoghi percettivi, nonché una gerarchia degli elementi percettivi, conseguenti al tipo di percezione ed alla fruizione del territorio che ne deriva. La velocità di movimento ha allontanato il costruito dalla strada. La comunicazione avviene in funzione della distanza. Percezione e distanza sono due fattori fondamentali nella costruzione dello spazio attraversato in automobile, o per lo meno per lo spazio che si attraversa con un movimento più veloce di quello pedonale (movimento meccanizzato).

La dimensione pedonale della città medioevale permetteva un contatto diretto del pedone con il costruito e le sue funzioni (soprattutto di natura commerciale). La relazione visuale era diretta e la distanza era minima (alla scala del pedone). La *Strip*, invece, ha allontanato il costruito e le sue funzioni. Con l'incremento della velocità, il guidatore deve prestare maggiore attenzione alla guida, così da dedicare minore tempo al contorno.

La componente velocità e la componente spaziale di ingombro del mezzo di trasporto privato (e di filtro con la realtà) sono relazionati alla distanza ed al ridimensionamento dello spazio intorno alla strada.

Lo spazio della strada è distinto nelle sue parti secondo l'ordine degli elementi che lo compongono: vi è uno spazio della strada che ha un ordine spartito, ed uno spazio fuori dalla strada con un suo ordine individuale. Il rapporto tra la strada ed i suoi spazi, come tra la strada e la città è un rapporto biunivoco, di continua relazione.

Il sistema della highway dà ordine alle funzioni sensitive di ingresso ed uscita, nonché all'immagine della *Strip* come un tutto sequenziale. Non è quindi più l'architettura degli edifici (ed il loro ingombro) a costruire l'evoluzione spaziale della città, ma lo spazio dell'automobile. L'automobile è un "involucro spaziale" che aumenta il grado di occupazione di suolo ed esige maggiore distanza tra gli edifici (uno spazio maggiore dove circolare ed uno spazio dove sostare).

La strada diventa l'elemento regolatore della distanza come misura degli spazi nella città contemporanea e della sua dispersione.

Il punto di vista del *roaduser* costituirà, più avanti, il tema principale su cui si sono basate le ricerche della I Biennale Internazionale di Architettura di Rotterdam del 2003 sul tema della mobilità. Il punto di partenza è stato quello di ritenere l'automobile non un semplice mezzo che permette il trasporto da un punto ad un altro dello spazio, ma come "una stanza con vista"<sup>13</sup>. Questo significa che lo spazio della mobilità non è solo uno spazio per il traffico ma anche un vero e proprio spazio pubblico, in cui le persone trascorrono una parte del loro tempo (AA.VV., 2003). In questo senso, il motto "una stanza con vista", come osserva Francine Houben, può essere visto come un intento polemico, poiché "assume il punto di vista del viaggiatore o del *roaduser* come modalità mediante cui esplorare il tema della mobilità", al fine di "indagare come la mobilità influenzi la vita di ogni giorno, [...] e scoprire i punti di contatto e le contraddizioni tra mondi che fino ad ora sono stati tenuti separati, chiusi nello sguardo frammentario delle specializzazioni tecniche".

Contestualmente, a partire dal secondo dopoguerra, in Europa l'urgenza di far fronte ad alcune questioni emerse in quegli anni, ad esempio il problema degli alloggi, contribuisce a consegnare la progettazione infrastrutturale al campo disciplinare dell'ingegneria e della tecnica dei trasporti, proprio nel periodo in cui in molti paesi europei viene avviata la costruzione della rete autostradale sotto l'impulso dell'esplosione della motorizzazione di massa<sup>14</sup>. (Dupuy, 1995;1997).

È, infatti, con la ripresa economica degli anni Cinquanta che l'automobile si trasforma, nella maggior parte dei paesi europei, da bene di lusso in bene di consumo accessibile ad ampie fasce della società, divenendo il simbolo principale del benessere sociale e uno degli indicatori più utilizzati per definire il grado di sviluppo di un paese negli anni Sessanta.

---

<sup>13</sup> "A room with a view" è il sottotitolo della Biennale, assunto anche come motto della manifestazione, con un evidente richiamo al lavoro di Appleyard, Lynch e Myer.

<sup>14</sup> Infatti, mentre negli Stati Uniti la motorizzazione di massa si verifica a partire dagli anni Venti, in Europa ha luogo solo dopo la Seconda Guerra Mondiale, quando la produzione in serie consente di abbassare il costo degli autoveicoli che diventano un bene acquistabile da tutti, nell'ambito del più generale processo di ripresa economica; così, il ruolo che negli Stati Uniti era stato assunto dalla Ford T, divenuta il simbolo del processo di motorizzazione della società americana, in Italia viene assegnato alla Fiat 600, in Francia alla Citroen 2CV e 3CV, in Spagna alla Seat 600. Cfr. Gabriel Dupuy, op. cit.

La stessa idea di modernità e di progresso, dunque, appare indissolubilmente legata alla diffusione dell'automobile. L'urgenza di soddisfare la crescente domanda interna di mobilità automobilistica favorisce un approccio alla progettazione tutto interno alle discipline ingegneristiche, dove i soli criteri che orientano la costruzione delle nuove strade sono legati ai principi della massima funzionalità ed economicità delle opere.

Per quanto riguarda l'Italia, durante il corso degli anni Cinquanta, si avvia la costruzione di una nuova rete stradale che, pur assecondando la crescita del numero delle auto circolanti, è finalizzata, soprattutto, ad incentivare il settore dell'industria automobilistica, di fondamentale importanza per il rilancio economico del paese. Nessuno spazio è lasciato alla riflessione del rapporto tra questi assi ed il paesaggio circostante (Facchinelli, 2003).

Dunque, la diffusione massiccia dell'automobile coincide con la perdita di interesse per il tema della progettazione delle grandi infrastrutture da parte delle discipline dell'architettura, che, invece, aveva in qualche modo accompagnato, nei primi trenta anni del Novecento, la sua comparsa sulla scena urbana.

A partire dagli anni Sessanta, inoltre, nei paesi europei più avanzati la rapida crescita del numero delle automobili asseconda il formarsi delle aree metropolitane e lo sviluppo delle periferie; ben presto l'automobile da bene di consumo superfluo, si trasforma in un bene necessario, in quanto consente a chi abita nelle aree periferiche di spostarsi verso i poli di occupazione rappresentati soprattutto dalle grandi industrie.

Il problema della gestione del crescente traffico all'interno delle maggiori aree urbane, impone all'attenzione delle amministrazioni il tema della realizzazione di grandi infrastrutture viarie interne alla città, ritenute indispensabili per la modernizzazione dell'impianto urbano; un tema con cui, tra gli anni Sessanta e Settanta, tutte le principali città europee sono chiamate a confrontarsi.

In particolare, per far fronte ai crescenti problemi di congestione legati alla costante crescita delle automobili in circolazione, nel 1959 il Ministero dei Trasporti Inglese commissiona alla società *Colin Buchanan and Partners* uno studio sui problemi del traffico in ambiente urbano, come e in che misura lo sviluppo dell'automobile stava incidendo sulla società moderna e sui diversi tipi di agglomerazione urbana.

I risultati di tale vengono pubblicati nel 1963 nel testo *Traffic in Towns*, conosciuto anche come *Buchanan Report*, considerato ancora oggi, nell'ambito delle politiche per la mobilità urbana, come uno dei principali riferimenti per le strategie di *traffic calming*. Oltre a fornire per la prima volta un'analisi qualitativa e quantitativa della circolazione nelle città, questo studio propose anche un nuovo modello formale che consenta agli insediamenti urbani una coesistenza pacifica con l'automobile.

Nel Rapporto viene descritta una "Teoria operativa", definita in seguito alle indagini sul traffico urbano, minaccia della qualità della vita urbana, nella quale si afferma la necessità di una gerarchia piramidale della rete stradale. Il sistema della mobilità è diviso in "strade di distribuzione e strade di accesso"; la sezione e il numero delle due tipologie di strada variano a seconda delle dimensioni urbane e della capacità del traffico. La rete di distribuzione è pensata per la viabilità veloce, con incroci e ingressi ridotti al minimo mentre la rete di accesso è interna ad ogni quartiere e connette il flusso veloce con quello più lento fino all'ingresso degli edifici. Il rapporto tra la rete stradale e le aree circostanti è esclusivamente "di servizio": la rete serve le zone e non viceversa.

Questo principio, apparentemente banale se pensato in relazione al traffico, determina in realtà la definitiva separazione, nell'idea di strada, tra spazio pubblico e via di collegamento in quanto non prevede uno scambio reciproco tra la viabilità e le altre attività urbane. Anche se nel Rapporto viene espresso solo in termini di modello, l'assetto fisico che ne consegue è caratterizzato da una maglia stradale regolare, su base esagonale o rettangolare, per la distribuzione veloce, che suddivide il territorio in "aree ambientali" all'interno delle quali si sviluppa la rete di accesso, articolata e dimensionata in funzione del volume di traffico che si genera all'interno di ogni area. Il corretto dimensionamento delle Aree ambientali in funzione di quello della rete stradale è fondamentale affinché non si generi un volume eccessivo di traffico che comprometta una buona qualità ambientale dei quartieri. Questo modello urbano è basato su un rapporto gerarchico piramidale dei sistemi di traffico, solo dall'alto verso il basso e viceversa, che irrigidisce e limita la libertà di movimento "orizzontale" all'interno della città tra strade differenti ma dello stesso grado: non sono previsti quindi collegamenti diretti tra una zona ambientale e l'altra. Lo scenario che ne risulta produce una città scomposta in parti separate, tutte della stessa importanza e tra le quali non avviene nessun tipo di scambio, provocando l'isolamento delle attività interne a ogni zona.

Tra le ragioni che il Rapporto Buchanan utilizza per motivare questo modello urbano, ci sono le esigenze legate alla sicurezza, riportando in apertura, difatti, l'indice di mortalità da incidente stradale.

Questa argomentazione ha trovato terreno fertile tanto nei progettisti quanto nei cittadini, i quali hanno condiviso la necessità logica della separazione della strada dalla città, facendone una questione esclusivamente tecnica e non più architettonica, con la conseguente frammentazione dello spazio urbano.

Nella città contemporanea, la separazione tra l'infrastruttura viaria e gli insediamenti, insieme al ruolo monofunzionale dei canali di traffico, hanno portato a problemi di accessibilità con conseguente degrado, segregazione e desertificazione degli spazi urbani.

Se, da un lato, il lavoro di Buchanan risulta di fondamentale importanza in quanto, per la prima volta, introduce i principi connessi con le strategie di moderazione del traffico, dall'altro, prefigurando la settorializzazione delle arterie per il traffico veicolare e la loro assoluta separazione dal tessuto urbano, contribuisce, negli anni successivi, allo svilupparsi di progetti di vere e proprie autostrade all'interno di molte città europee (Zambrini, 1989), con esiti spesso devastanti sull'ambiente urbano.

Inoltre, la realizzazione delle grandi strade urbane ha costituito uno dei temi principali delle rivendicazioni sociali urbane sviluppatasi tra gli anni Sessanta e Settanta, soprattutto negli Stati Uniti, dove si assiste al consolidarsi di una ampia riflessione sul tema strada-società. Jacobs (1961) evidenzia, in modo particolare, la necessità di preservare la complessità funzionale della città, anche promuovendo, quando possibile, forme di integrazione/convivenza tra automobili e pedoni (contrariamente alla rigida separazione tra le due categorie ipotizzata da Buchanan); la complessità dello spazio urbano costituisce, infatti, secondo Jacobs, il presupposto fondamentale per la sopravvivenza delle città.

Contro la politica di "*urban renewal*" delle città, intrapresa dalle amministrazioni americane mediante la massiccia realizzazione di grandi sistemi di strade urbane, si

scaglia, negli stessi anni, anche Mumford (1963) sostenendo la necessità di limitare la diffusione dell'auto all'interno della città in modo da favorire l'utilizzo di altri sistemi di trasporto, per porre freno alla congestione delle aree centrali ed alla progressiva dispersione delle aree suburbane<sup>15</sup>.

Nonostante, allora, si assista alla proliferazione di strade ed autostrade dentro e fuori la città, il tema della loro progettazione risulta ormai completamente demandato all'ingegneria del traffico e ridotto essenzialmente ad una questione di efficienza e quantità; capacità di portata dei veicoli, diagramma dei flussi, minimizzazione degli impatti, sono le espressioni chiave che, a partire dagli anni Sessanta, accompagnano la realizzazione delle infrastrutture per la viabilità.

Anche se in questi anni, infatti, la mobilità di macchine e persone è al centro delle elaborazioni teoriche e progettuali delle varie correnti dei movimenti di avanguardia (dai progetti di *Walking City* e *Plug in City*, rispettivamente di Ron Herron e Peter Cook del gruppo Archigram del 1964, alla proposta di *Ville Spatiale* di Yona Friedman del 1960), le immagini di megastrutture che vengono prodotte non riescono, forse per la carica fortemente utopica, a dare un reale contributo nella costruzione di un approccio progettuale innovativo alle grandi infrastrutture stradali.

### **1.2.5 L'epoca contemporanea**

Nell'Europa del XX secolo, l'attenzione alle nuove tecnologie e al desiderio di innovazione, a seguito delle due Guerre Mondiali, ma anche l'interesse verso il tema del movimento, sempre più percepito all'interno di una società in evoluzione, ha confermato la centralità delle problematiche legate allo sviluppo della città in relazione alle differenti modalità di trasporto. La motorizzazione di massa, iniziata negli Anni Sessanta in Europa (e con essa il traffico automobilistico), ha ottenuto la priorità assoluta sulla rete stradale.

Le città dell'Europa Nordoccidentale si sono ampliate e diffuse sul territorio in pochi decenni e i loro centri storici sono stati in gran parte ricostruiti, anche in funzione di una forte mobilità dovuta alla crescita urbana.

In Europa, ad esempio, a causa della saturazione delle aree edificabili e della forte densità territoriale, si possono identificare fenomeni di continuità urbana, che si evolvono con fluidità dal centro della città fino alla estrema periferia.

Il graduale compenetrarsi del tessuto urbano nel territorio rurale si è legato agli schemi della progettazione infrastrutturale; di conseguenza, la crescente difficoltà nel fornire adeguati sistemi di trasporti e comunicazioni, ha portato alla realizzazioni di viali, strade panoramiche, circonvallazioni ed altri dispositivi spaziali che fossero capaci di accogliere tali crescenti flussi di traffico.

---

<sup>15</sup> "The fatal mistake we have been making is to sacrifice every other form of transportation to the private motorcar [...] Our highway engineers [...] create new expressways to serve cities that are already overcrowded within, thus tempting people who had been using public transportation to reach the urban centers to use these new private facilities [...] these facilities expands the cycle of congestion [...] until that terminal point when all the business and industry that originally gave rise to the congestion move out of the city, to escape strangulation, leaving a waste of expressways and garage behind them [...] a tomb of concrete roads and ramps covering the dead corpse of a city". Lewis Mumford, *The Highway and the City*, Harcourt Brace and World, New York, 1963, pp. 237-238.

Durante il ventennio 1970 - 1990, la progressiva mutazione della domanda di mobilità nelle aree urbane si è evoluta con un incremento superiore al 100% della domanda complessiva. La variazione ha riguardato soprattutto la composizione qualitativa della domanda di mobilità; la mobilità "erratica", ossia legata agli spostamenti occasionali per divertimento, vacanze, acquisti, ecc., viene preferita alla mobilità "sistematica", che comprende invece gli spostamenti casa-lavoro e casa-studio.

La crescente diffusione di nuove centralità e di nuovi poli di attrazione sul territorio metropolitano, ha comunque continuato a favorire l'uso del mezzo privato a scapito di quello pubblico. Questo ha di conseguenza orientato sul mezzo privato anche la maggior parte delle scelte riguardanti l'incremento della mobilità in ambito, a discapito della quota parte di spostamenti servita dal mezzo pubblico.

Difatti, l'attuale organizzazione della mobilità in ambito urbano è caratterizzata dalla presenza dell'automobile privata, come componente principale dei flussi veicolari. La diretta conseguenza di questa politica di trasporto è stata la crescita esponenziale della domanda di infrastrutture viarie.

Inoltre, la rapida propagazione dei fenomeni di urbanizzazione diffusa, la crescente diffusione di nuove centralità e di decentralizzazione di nuovi poli attrattori sparsi sul territorio, porta a considerare il concetto di mobilità legato non solo al traffico, ma anche alla riqualificazione dello spazio pubblico.

La mobilità prevalente nella città del secolo scorso era caratterizzata dall'accesso e dallo scambio fra le funzioni collegate ai margini della strada (quindi in forma prevalentemente pedonale). Con lo sviluppo industriale e la motorizzazione la struttura della mobilità è mutata, in rapporto alle rinnovate funzioni urbane.

L'estensione territoriale delle città, sempre più vasta, comporta tempi e quantità di spostamenti crescenti. La distanza topografica ed il tempo di viaggio non costituiscono più le impedenze principali, poichè il processo di terziarizzazione e modernizzazione, insieme al processo di informatizzazione degli spostamenti, hanno modificato completamente la struttura della mobilità.

Lo spazio necessario per i flussi di mobilità si sta trasformando. Nelle città che, ad esempio, non dispongono di rete metropolitana, si concentrano sulla rete viaria le quattro componenti di domanda: il trasporto pubblico, la mobilità veicolare privata, la mobilità ciclo-pedonale, la sosta dei veicoli. Le componenti, laddove raggiungono livelli di domanda elevati, non sono sovrapponibili senza evitare l'aumento della incidentalità, la congestione e l'inquinamento (acustico ed ambientale).

Difatti, oggi si assiste inoltre ad un duplice fenomeno, caratterizzato sia dall'aumento complessivo delle emissioni di inquinanti e del rumore da un lato, che dal permanere di un livello eccessivo di mortalità dovuta agli incidenti stradali.

Il problema attuale della sostenibilità deriva dalla crescente consapevolezza di una necessaria compatibilità tra i sistemi di trasporto e l'ambiente urbano.

Difatti, il trasporto è uno dei settori economici che esercitano le maggiori pressioni sull'ambiente e il suo impatto è attualmente molto elevato. In Europa i mezzi di trasporto sono la causa del consumo di circa un terzo del consumo totale di energia e di un quinto delle emissioni di gas serra, a cui si aggiungono altre tipologie di emissioni responsabili dell'inquinamento atmosferico urbano.

Per la diminuzione delle emissioni di gas serra, sono stati posti degli obiettivi che vorrebbero vedere un calo del 60% delle emissioni dei trasporti entro il 2050; scopo che, per essere raggiunto, richiede sicuramente un cambiamento radicale dei trasporti, incentivando le nuove tecnologie e l'utilizzo dei sistemi più efficienti

Nel corso degli ultimi anni, il lungo lavoro di governance, rappresentanza e pressione svolto dalle città e dalle loro organizzazioni ha portato ad un protagonismo inedito della questione urbana nell'arena delle politiche europee. Il motivo principale di tale protagonismo è identificabile con l'approvazione nel maggio 2016 del cosiddetto "Patto di Amsterdam". Il documento "Urban Agenda for the EU" è stato promosso dalla presidenza olandese del Consiglio dell'UE, ed è stato sottoscritto da tutti i rappresentanti dei paesi membri dell'Unione. L'Agenda urbana europea si basa su 12 obiettivi tematici che spaziano dal cambiamento climatico, al contrasto alla povertà, alla transizione digitale e alla mobilità urbana, proponendo su ogni tema, un'azione volta a migliorare regole, conoscenze e finanziamenti. È incontrovertibile che il nostro Pianeta stia affrontando una serie di sfide interdipendenti senza precedenti nella storia dell'umanità legate ad una degradazione impressionante degli ecosistemi e dei loro servizi ecosistemici a causa del loro eccessivo sfruttamento ed al cambiamento climatico.

Appare chiaro che la mobilità rappresenta un elemento chiave per lo sviluppo sostenibile. Il futuro della mobilità è legato a doppio filo a quello delle città e di chi le abita ed è – quindi – un elemento determinante per costruire un domani migliore.

Le sfide fondamentali degli spostamenti in una città ci hanno riguardato fin dai tempi in cui gli esseri umani hanno vissuto in ambienti urbani.

Le tensioni tra l'innovazione nel campo del trasporto, le popolazioni urbane in costante crescita e le capacità della pubblica amministrazione civica di tenere il passo con le risorse limitate sono questioni eterne. Ma la pressione delle città di oggi è senza precedenti.

La crescita della popolazione urbana continuerà a ostacolare la mobilità urbana:

- 4,6 miliardi di abitanti della città entro il 2025;
- 41 megacittà entro il 2030;
- 67,1 trilioni di chilometri per passeggeri sul transito di massa entro il 2050 (UN DESA, 2014).

Il tempo trascorso nel traffico rappresenta un problema importante per i pendolari e per la produttività generale delle città del mondo. Le strade congestionate non fanno perdere solo tempo. Gli incidenti stradali uccidono 1,35 milioni di persone in tutto il mondo e provocano dai 20 ai 50 milioni di casi di persone che riportano ferite non letali. Oltre la metà del totale dei decessi stradali e degli infortuni coinvolgono pedoni, ciclisti e motociclisti con relativi passeggeri.

Il traffico congestionato a singhiozzo aumenta il volume di particolato microscopico nei gas di scarico dei veicoli. Secondo World Health Organization, il particolato dei gas di scarico è in grado di penetrare profondamente nelle vie polmonari e di entrare nel flusso sanguigno causando problemi cardiovascolari, cerebrovascolari e respiratori (WHO, 2015).

Tutte le città sono preoccupate per la sostenibilità ambientale e i trasporti rappresentano un importante fattore determinante.

Una stima calcola che il 22% delle emissioni globali di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) è attribuita al settore dei trasporti (Rodrigue, 2017) e questa cifra è destinata a salire proporzionalmente alla crescita delle città e all'uso dei singoli cittadini del trasporto alimentato al carbonio.

La mobilità urbana riveste un ruolo importante per lo sviluppo della città sostenibile e ormai da anni è studiata sotto diversi profili: dagli impatti ambientali a quelli sanitari; dall'inquinamento acustico al degrado dei beni culturali; dai costi interni/esterni alle potenzialità di nuovi processi di sviluppo economico. Una costante rincorsa di esperti e tecnici per cercare soluzioni a supporto del decisore politico al fine di favorire una mobilità più sostenibile e capace di indicare l'equilibrio naturale tra ambiente urbano e qualità della vita .

Sul quadro delineato erompe, nell'ultimo anno, la pandemia da Covid-19. La crisi economica e finanziaria, data dalla pandemia, ha aperto nuove sfide per le popolazioni urbane. Difatti i sistemi di mobilità sono stati i più colpiti dallo scenario pandemico (Lozzi, et al., 2020), motivo per il quale ad oggi urge un riadattamento degli stessi. La necessità di modifiche, tuttavia, non deve essere interpretata come un problema; si tratta anzi di un'opportunità per accelerare o creare nuovi scenari positivi. Già prima della diffusione del virus, del resto, i paradigmi di mobilità europei erano in piena transizione. Oltre alle sfide e ai requisiti di mobilità pre-pandemici, il COVID-19 ne ha introdotti ulteriori. La necessità dell'allontanamento sociale, ad esempio, ha avuto molteplici effetti sulla vita urbana: sono stati messi in discussione i vantaggi della densità urbana – parametro centrale per i modelli di città sostenibili – e i limiti dello spazio pubblico nelle città compatte sono diventati evidenti (come lo spazio per muoversi a piedi o per il ciclismo). L'aumento temporaneo dello spazio pedonale, la regolazione dello spazio stradale e le fasce orarie diversificate per l'accesso sono state solo alcune delle misure attuate nel breve termine per ottimizzare l'uso dello spazio pubblico.

Il trasporto pubblico è stato particolarmente colpito. Con meno risorse date della diminuzione del *ticketing*, e con la responsabilità di dover garantire elevati standard di igiene, i fornitori di trasporto pubblico sono stati sfidati in tutta Europa.

Il lavoro a distanza, poi, ha sicuramente contribuito alla riduzione del pendolarismo e all'appiattimento delle ore di punta, via principale per limitare lo stress sul pubblico e farlo funzionare nelle nuove condizioni.

Nelle città europee, dove la dipendenza dal trasporto pubblico era maggiore in epoca pre-pandemica, la mobilità si è trasformata in modo significativo, con impatti che – con grande probabilità – avranno effetti nel medio e nel lungo termine.

Nell'immediato, la pandemia da Covid-19 ha causato tre fondamentali cambiamenti:

- Cambiamento nella domanda di mobilità
- Cambiamento nelle esigenze degli utenti
- Diminuzione degli investimenti in mobilità

Le restrizioni hanno ovviamente comportato una riduzione del volume del traffico. Il cambiamento non è avvenuto solo durante la pandemia: a causa della crescente quota di persone che lavorano da casa e delle limitazioni di viaggio, la domanda complessiva di mobilità urbana è notevolmente diminuita. Nelle città europee la mobilità condivisa e il trasporto pubblico hanno perso rilevanza. A cambiare è stato anche il motivo per scegliere una modalità di trasporto. Mentre prima si sceglieva in base al tempo per arrivare a destinazione, dall'inizio della pandemia si sceglie in base al rischio di infezione<sup>16</sup>. Ciò si traduce in un passaggio da modalità di trasporto pubblico a modalità private come la bicicletta, i piedi e le auto private.

Secondo il rapporto 'Urban mobility strategies during COVID-19'<sup>17</sup>, le principali sfide che la mobilità urbana dovrà affrontare nei prossimi anni sono molteplici e trasversali, in particolare:

- ambientali, (cambiamento climatico e salute urbana)
- legate all'innovazione tecnologica (governance e innovazioni tecnologiche).

L'innovazione tecnologica è una forza trainante permanente per i cambiamenti nelle nostre società. Nel corso del XX secolo, il progresso tecnologico nel settore automobilistico ha portato a città orientate all'automobile (seconda rivoluzione industriale). Invece, nel 21° secolo si prevede che la tecnologia aiuterà la transizione della mobilità verso ambienti urbani incentrati sulle persone. In questo modo, la digitalizzazione, la globalizzazione e la transizione energetica hanno portato ad una nuova fase di rivoluzione (Meyer, Jan Hoekstra e Westrik, 2020).

La raccolta e l'analisi dei dati è al centro dell'attuale innovazione tecnologica sulla mobilità. Consente di creare modelli e strumenti di supporto per le città per prendere decisioni sulla pianificazione urbana o strategie di mobilità e monitorare i risultati. Rende possibile lo sviluppo di *Cooperative Intelligent Transport Systems* (CITS) in grado di gestire le dinamiche di trasporto sulla base di dati in tempo reale e favorire usi più flessibili delle infrastrutture e dei servizi di trasporto. Di conseguenza, la digitalizzazione dei veicoli e delle infrastrutture, e più in generale delle città, è una tendenza principale; una tendenza che ha avuto un'improvvisa e drastica accelerazione causata dall'avvento del Covid-19.

La mobilità urbana è un ambito complesso: i modi in cui persone e merci si muovono negli ambienti sono condizionati da fattori trasversali con enorme impatto sulla forma, la funzione e la qualità della vita delle metropoli. In una società in evoluzione l'ambiente urbano cambia (Meyer, Jan Hoekstra e Westrik, op. cit.). Dunque, se il contesto socioeconomico evolve, l'urbanistica deve aggiornarsi.

---

<sup>16</sup> <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/overview>

<sup>17</sup> [https://www.eiturbanmobility.eu/wp-content/uploads/2021/03/Urban-mobility-strategies-during-COVID-19\\_long-1.pdf](https://www.eiturbanmobility.eu/wp-content/uploads/2021/03/Urban-mobility-strategies-during-COVID-19_long-1.pdf)

### **1.3. Governare le transizioni. Strumenti normativi e di gestione**

In modo esplicito o implicito la costruzione e trasformazione della città è sempre stata guidata da un corpo organico più o meno strutturato e dichiarato di regole idonee a orientare le trasformazioni dell'ambiente costruito.

Eran Ben Joseph, e in modo simile anche altri studiosi, hanno spesso parlato di "linguaggio nascosto dell'urbanistica" (2005) in relazione al potere pervasivo delle norme e degli standard come strumenti ordinari per configurare l'ambiente costruito, ovvero da quei principi codificati e da quelle regole in parte anche implicite, diventate convenzione nella pratica disciplinare, che sottendono le tecniche progettuali e l'attuazione degli interventi. Gli standard, e i codici, controllano virtualmente tutti gli aspetti dello sviluppo urbano e della pratica urbanistica. Gli stessi standard per i livelli di classificazione o gerarchizzazione funzionale, la disposizione e la composizione della rete stradale (che costituisce un'elevata percentuale degli spazi pubblici urbani), attuata privilegiando sensi unici, diritti di precedenza o l'incremento della larghezza delle strade per favorire la circolazione delle automobili piuttosto che dei pedoni e dei ciclisti, sono stati adottati in tutto il mondo. Nel campo della pianificazione urbanistica, gli standard sono utilizzati in modo estensivo per determinare i requisiti minimi con cui l'ambiente fisico deve essere costruito, trasformato e come deve essere gestito. Gli stessi standard sono anche interpretati come gli strumenti legali (norme e/o regolamenti) e morali (politiche) attraverso i quali gli urbanisti possono e devono garantire il bene pubblico.

Come fa osservare Stefano Moroni, la dimensione normativa costituisce l'elemento fondativo e centrale dell'attività urbanistica, ed in particolare del piano urbanistico inteso come: "uno strumento pubblico di regolazione e intervento, costituito da un insieme di norme che si configurano in sistema, fondamentalmente indirizzato a disciplinare comportamenti di soggetti privati e pubblici per quanto riguarda la relazione tra questi stessi soggetti e lo spazio fisico, in un'area geografica determinata" (Moroni, 1999).

In tal contesto è opportuno ricordare quali siano state le norme progettuali e gli attuali standard stradali, ovvero da quei principi codificati e da quelle regole, diventate convenzione nella pratica disciplinare, che sottendono le tecniche progettuali e l'attuazione degli interventi, e che hanno, in particolar modo a partire dagli anni '70, permesso, governato e gestito l'implementazione dei nuovi mezzi di trasporto (l'automobile), ormai divenuti fenomeno di massa, nella scena urbana.

Sembra chiaro come la norma o lo standard sia da intendersi come strumento fondamentale e fondativo nelle attività di trasformazione o governo del territorio. Le comunità, gli insediamenti urbani e le infrastrutture per la mobilità sono stati organizzati e configurati attraverso norme e criteri codificati che hanno dettato e condizionato gli aspetti dello sviluppo urbano, avendo spesso un enorme impatto sul modo di orientare le scelte per realizzare gli interventi urbanistici.

Dal punto di vista teorico e metodologico generale, si ricorda che esiste da tempo un'estesa letteratura che riflette sul rapporto tra forma urbana e costruzione di modelli operativi o regole di riferimento<sup>18</sup>.

Lo scopo regolativo degli standard comprende il controllo di molti elementi tecnico-formali che appartengono al sistema degli spazi aperti urbani e suburbani, anche in relazione a tutte le opere di urbanizzazione primaria. Il potere prescrittivo dello standard viene emanato e dunque applicato a differenti livelli di governo del territorio.

In riferimento all'ambito di ricerca, vi sono alcuni differenti tipi di approccio alla dimensione manualistica e normativa che hanno storicamente introdotto e anticipato contributi ed indirizzi essenziali alla tema della progettazione della strada: tra quelli più conosciuti di cultura mitteleuropea, si ricorda lo storico lavoro teorico di Sitte (1889) che ha costituito le fondamenta per lo sviluppo della manualistica tedesca sul disegno urbano; l'approfondito manuale di Joseph Stubbén "Der Städttebau, Handbuch der Architektur" contenente un ampio articolato tecnico relativo alle strade speciali, alle piazze, al verde urbano. Abbiamo visto come tra i principali architetti e urbanisti europei, Ildefonso Cerdà, Arturo Soria y Mata, Eugène Alfred Hénard, ma anche Cornelius Gurlitt, Raymond Unwin (per citarne alcuni) hanno assistito e partecipato alla formazione delle metropoli europee contribuendo con i loro studi e con la pubblicazione di testi specialistici alla costruzione dell'urbanistica come disciplina autonoma.

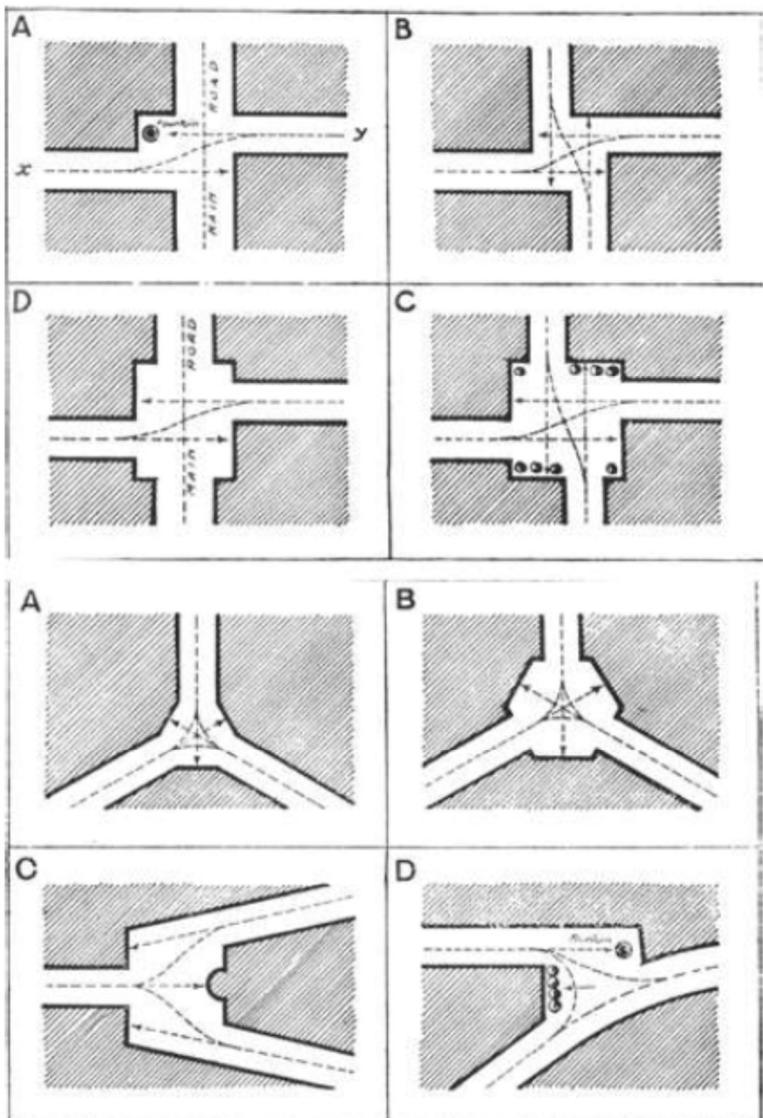
---

<sup>18</sup> Dal celeberrimo "De Architectura" dell'ingegnere e architetto romano Marcus Vitruvius Pollio ai più recenti e contemporanei scritti di Christopher Alexander pubblicati in "A Pattern Language" oppure di Leon Krier in "Urban Space" oppure ancora di Rem Koolhaas in "Mutations", molti autori e progettisti cercano di descrivere la forma e le configurazioni della città analizzando la dimensione normativa e le sue articolazioni morfo - tipologiche. Allo stesso modo geografi, storici e urbanisti come ad esempio Camillo Sitte in "Der Städtebau", Lewis Mumford in "The City in History", James Vance in "This Scene of Man" e Spiro Kostof in "The City Shaped" hanno cercato di comprendere e descrivere la forma e i modelli insediativi nel loro contesto storico e morfologico.



15. Joseph Stübben, differenti tipi di sezione stradale in relazione agli arredi, ai marciapiedi e alle diverse dimensioni delle carreggiate

In Inghilterra già nel 1909 Robert Unwin stabiliva alcuni principi guida a favore di un lessico urbano attento agli spazi di prossimità tra strada ed edificato, contribuendo ad indirizzare e codificare soluzioni o linee guida alternative, in opposizione ai futuri modelli funzionalisti; anticipa di pochi mesi il *Town Planning Act*, legge che conferiva poteri pianificatori alle amministrazioni municipali. Il testo si poneva infatti l'obiettivo di fornire metodologie ed esperienze pratiche, incentrate su questioni di tipologie ed estetica urbane, da utilizzare a livello operativo.



16. Differenti soluzioni spaziali per gli incroci stradali in relazione alla continuità delle linee di traffico, Raymond Unwin 1909

All'interno dei loro testi, le questioni affrontate sono dei veri e propri temi progettuali (dimensione delle strade, geometria degli incroci, elementi di recinzione, visuali). Lo studio della circolazione dei veicoli è un tema costante, che pone sin da subito la necessità di un ripensamento dello spazio urbano proprio a partire dai principali elementi che lo costituiscono: strada, piazza, edifici, alberi e parchi. Dai lavori di questi autori emerge, come fosse una necessità impellente, la volontà di comprendere a fondo questo improvviso sviluppo delle città, con l'introduzione dei nuovi mezzi di trasporto, e di restituire gli strumenti progettuali in grado di governare la forma dello spazio urbano, in un momento in cui l'aumento dimensionale e lo sviluppo tecnologico ne minacciavano la "bellezza" e ne richiedevano un controllo.

Michael Southworth e Ben Joseph (1997) teorizzano come l'impatto generato dai modelli insediativi e dai progetti di strade, in particolare quelle residenziali, abbia contestualmente segnato la qualità e i caratteri delle città contemporanee, dei sobborghi e delle periferie. Gli standard stradali possono essere intesi in senso positivo, ma al contempo sono elementi condizionanti in termini di influenza nella configurazione e organizzazione degli ambienti in cui viviamo. Possiamo traslare la stessa riflessione a scala urbana, o meglio all'organizzazione della maglia stradale, ad esempio negli insediamenti residenziali, dove la configurazione della rete delle strade ha modificato i propri modelli dapprima attraverso un sistema a griglia di interconnessioni rettilinee (a cavallo del XIX e XX secolo) seguendo poi con una griglia più frammentaria di strade parallele (nel decennio compreso tra gli anni trenta e quaranta) per sviluppare a partire dagli anni cinquanta un *pattern* di tipo insulare formato da strade a *cul de sac* e *loops*.

### **1.3.1 Il contesto italiano. I piani per i trasporti e la mobilità**

Fino agli anni '70, l'obiettivo prioritario della pianificazione dei trasporti era la soluzione di problemi di incremento di capacità delle reti e riduzione della congestione del traffico veicolare. Lo scopo del pianificatore dei trasporti in quegli anni era quello di migliorare l'efficienza della rete stradale o di aumentarne la capacità, considerando rigida la distribuzione delle attività sul territorio.

Questo approccio centrato sul traffico veicolare è stato superato con l'introduzione del concetto più ampio di "mobilità", non più ridotto al solo traffico veicolare, ma orientato ad una visione multimodale.

Nella visione attuale, l'obiettivo non è più quello di assicurare lo spostamento efficiente dei veicoli, ma il trasferimento delle persone e delle merci.

Compiendo un passo indietro sulla strumentazione in materia di trasporti e mobilità, in Italia, è solo a partire dalla seconda metà degli anni Ottanta che si è sviluppata l'attenzione verso le questioni connesse al sistema della mobilità nelle aree urbane, inteso come l'insieme degli spostamenti effettuati in un dato territorio e delle strutture fisiche che permettono tali spostamenti (Cascetta 1998).

La crescente attenzione alle tematiche ambientali e dello sviluppo sostenibile, affermata nello stesso periodo di tempo, ha veicolato, seppur con notevole ritardo, la predisposizione di politiche, azioni e strumenti per contrastare il fenomeno dell'inquinamento urbano sostanzialmente dovuto all'utilizzo crescente del mezzo

privato per gli spostamenti urbani, fortemente prevalente sulle altre modalità di trasporto.

Se, dunque, con il PRG si stabiliscono modalità e regole della trasformazione urbana già nel 1942 con la Legge Urbanistica Nazionale n. 1150, gli interventi sul sistema dei trasporti, della circolazione veicolare e della sosta in ambito urbano vengono istituzionalizzati sul finire degli anni Ottanta e per tutti gli anni Novanta dello secolo scorso.

A livello nazionale, infatti, “Piano Generale dei Trasporti” (PGT) è stato istituito dalla L. n. 245 del 15 giugno 1984, che ne affida l’approvazione al Governo “al fine di assicurare un indirizzo unitario alla politica dei trasporti nonché di coordinare ed armonizzare l’esercizio delle competenze e l’attuazione degli interventi amministrativi dello Stato, delle Regioni e delle Province autonome di Trento e di Bolzano” (art.1)<sup>19</sup>.

Il PGT attualmente in vigore, denominato “Piano Generale dei Trasporti e della Logistica” (PGTL), è stato approvato dal Consiglio dei Ministri il 2 marzo 2001 e adottato con D.P.R. 14 marzo 2001. Il Piano, attraverso un’analisi del settore dei trasporti, mise in luce le carenze nazionali di tipo infrastrutturale, gestionale ed organizzativo, per poi definire un insieme di interventi.

Il PGTL del 2001 ha definito, secondo la logica del “sistema a rete”, il Sistema Nazionale Integrato dei Trasporti (SNIT), ossia l’insieme integrato di infrastrutture sulle quali si effettuano servizi di preminente interesse nazionale ed internazionale<sup>20</sup>. La rete SNIT risulta suddivisa in nodi, che rappresentano gli elementi di collegamento reciproco tra le infrastrutture di trasporto di livello nazionale con le reti locali, e archi, che schematizzano le infrastrutture di trasporto lineari e assicurano i collegamenti tra i nodi. Lo SNIT mirava a dare priorità alle infrastrutture essenziali per la crescita sostenibile del Paese, per la sua migliore integrazione con l’Europa e per il rafforzamento della sua naturale posizione competitiva nel Mediterraneo.

Alla luce del mutato quadro strategico europeo di riferimento e degli interventi realizzati negli ultimi anni, si è reso necessario un aggiornamento dello SNIT. Il nuovo SNIT, è stato ridefinito alla luce degli indirizzi europei e delle opere completate e avviate alla realizzazione negli ultimi anni. Nel 2007 vengono definite le “Linee Guida del Piano Generale della Mobilità” (PGM), anche per proporre una rivisitazione degli obiettivi del PGTL alla luce dei mutamenti che hanno fortemente caratterizzato il sistema della mobilità soprattutto in ambito europeo. Entrambi i Piani (PGTL e PGM) possono considerarsi di indirizzo per il miglioramento, in termini di efficienza e di sicurezza, del sistema dell’offerta di trasporto su tutto il territorio nazionale.

A livello regionale, il Piano Regionale dei Trasporti (PRT) istituito nel 1981 (L. 151/1981 “Legge quadro per l’ordinamento, la ristrutturazione ed il potenziamento dei trasporti pubblici locali”) è lo strumento per la definizione delle politiche regionali in tema di trasporti. Il decreto legislativo 422/1997 stabilisce, tra le altre, la finalità del

<sup>19</sup> Il primo PGT è stato approvato nel 1986 e successivamente aggiornato nel 1991.

<sup>20</sup> Dal 2001 ad oggi, tuttavia, sono intervenute significative modifiche dell’offerta di infrastrutture e servizi, sia a livello europeo che nazionale, alla luce del quale si rende necessario un aggiornamento. Il nuovo Sistema Nazionale Integrato dei Trasporti e della Logistica andrà dunque ridefinito alla luce sia dei nuovi indirizzi europei che delle opere (“invarianti”) avviate nel corso degli ultimi anni. Negli ultimi anni, in particolare, il sistema nazionale dei trasporti si è arricchito di importanti *asset* infrastrutturali, primo tra tutti la linea ferroviaria ad Alta Velocità da Salerno/Napoli a Milano/Torino, che ha segnato una svolta nel trasporto passeggeri di media e lunga percorrenza.

PRT di “assicurare una rete di trasporto che privilegi le integrazioni tra le varie modalità favorendo in particolar modo quelle a minore impatto sotto il profilo ambientale” (art. 14).

Al fine di assicurare il massimo coordinamento tra i livelli di pianificazione nazionale e regionale, il PGTL del 2001 definì le “Linee Guida per la redazione e la gestione dei Piani Regionali di Trasporto” predisponendo che i PRT siano posti in stretta correlazione con il carattere dinamico e processuale del PGT.

A livello comunale, gli strumenti settoriali inerenti al sistema della mobilità e dei trasporti sono stati istituiti tra la fine degli anni Ottanta e l’inizio del nuovo millennio. In tal contesto si ritiene opportuno il riferimento, seppure sintetico, ad alcuni dei principali strumenti della pianificazione della mobilità di livello comunale.

Il Piano Urbano del Traffico (PUT), principale strumento di gestione reso obbligatorio è uno strumento di breve periodo “finalizzato ad ottenere il miglioramento delle condizioni di circolazione e della sicurezza stradale, la riduzione degli inquinamenti acustico ed atmosferico ed il risparmio energetico, in accordo con gli strumenti urbanistici vigenti e con i piani di trasporto e nel rispetto dei valori ambientali, stabilendo le priorità e i tempi di attuazione degli interventi. Il PUT veicolare prevede il ricorso ad adeguati sistemi tecnologici, su base informatica di regolamentazione e controllo del traffico, nonché di verifica del rallentamento della velocità e di dissuasione della sosta, al fine anche di consentire modifiche ai flussi della circolazione stradale che si rendano necessarie in relazione agli obiettivi da perseguire” (art 36, c.4, Dlgs 285/1992).

Gli obiettivi, le strategie generali, i contenuti, gli indicatori dei PUT, sono stati recepiti dalle Direttive<sup>21</sup> del 1995 che indicano un’articolazione in tre livelli di progettazione oggetto di approvazione da parte delle Pubbliche Amministrazioni. Intervenendo sulla dotazione infrastrutturale esistente, per l’attuazione del PUT è necessaria una buona integrazione tra gli obiettivi della pianificazione urbanistica e quelli della pianificazione delle infrastrutture di trasporto. Mentre, il “Piano Generale del Traffico Urbano” PGTU può essere considerato il piano quadro del PUT relativo all’intero centro abitato. Riporta indicazioni circa la politica intermodale adottata, la qualificazione funzionale dei singoli elementi della viabilità principale e degli eventuali elementi della viabilità locale destinati esclusivamente ai pedoni (classificazione funzionale della viabilità) e il relativo regolamento viario.

Per le problematiche non risolvibili sulla base delle dotazioni esistenti, infatti, il PUT demanda l’attuazione degli interventi al PRG o ad altri strumenti della pianificazione dei trasporti come il “Piano della Mobilità Urbana” (PUM). Si tratta di uno strumento strategico, a differenza del PUT, di medio - lungo termine di durata decennale e da un riferimento spaziale concernente le realtà urbane più importanti. In accordo con quanto stabilito dall’articolo di legge istitutivo<sup>22</sup> la definizione di PUM data dal PGTL,

---

<sup>21</sup> Il Ministero dei Lavori Pubblici, di concerto con il Ministero dell’Ambiente e la Presidenza del Consiglio dei Ministri, sulla base delle indicazioni del Comitato interministeriale per la programmazione economica nel trasporto (CIPET) contenute nella deliberazione 7 aprile 1993, ha predisposto nel 1995 le “Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico”.

<sup>22</sup> Articolo 22 comma 1 della legge n. 340 del 2000 “Disposizioni per la delegificazione di norme e per la semplificazione di procedimenti amministrativi – Legge di semplificazione 1999”.

configura tale strumento come intesi come “progetti del sistema della mobilità comprendenti l’insieme organico degli interventi sulle infrastrutture di trasporto pubblico e stradali, sui parcheggi di interscambio, sulle tecnologie, sul parco veicoli, sul governo della domanda di trasporto attraverso la struttura dei *mobility manager*, i sistemi di controllo e regolazione del traffico, l’informazione all’utenza, la logistica e le tecnologie destinate alla riorganizzazione della distribuzione delle merci nelle città.” Tale strumento costituisce, negli intenti del PGTL, la risposta “normativa” ai problemi di mobilità tipici delle aree densamente urbanizzate caratterizzate da un elevato numero di spostamenti cui è associata, generalmente, una ridotta velocità commerciale media. Il PUM definisce il quadro di tutti gli interventi infrastrutturali e di regolazione nel settore della mobilità e dei trasporti a scala urbana, garantendo adeguati standard di servizio e di accessibilità.

La componente relativa alla pianificazione delle aree di sosta è affidata alla redazione del Programma Urbano dei Parcheggi (PUP) introdotto alla fine degli anni Ottanta con la legge Tognoli n. 122/89. Tale strumento ha lo scopo di pianificare e di gestire gli spazi di parcheggio e la sosta dei veicoli; rappresenta, di fatto, un programma esecutivo riferito all’offerta di sosta che si vuole garantire su tutto il territorio comunale allo scopo di “indicare le localizzazioni ed i dimensionamenti, le priorità di intervento ed i tempi di attuazione, privilegiando le realizzazioni volte a favorire il decongestionamento dei centri urbani mediante la creazione di parcheggi finalizzati all’interscambio con sistemi di trasporto collettivo” (art. 3). Può essere redatto in maniera indipendente da altri documenti o inserito nel piano urbano della mobilità o nel piano generale del traffico urbano.

Tra gli strumenti settoriali per il governo della mobilità in ambito urbano, il PUP è probabilmente quello maggiormente implicato nel processo di integrazione tra obiettivi ed azioni della pianificazione territoriale e quelli della pianificazione della mobilità e dei trasporti. Una efficace gestione della domanda di sosta, infatti, può incidere considerevolmente sull’organizzazione e sull’efficienza dell’intero sistema urbano e sulla vivibilità urbana *tout court*.

Infine, è opportuno menzionare il Decreto n. 397 del 4 agosto 2017 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, il quale reca “Individuazione delle linee guida per i piani urbani di mobilità sostenibile, ai sensi dell’art.3, c.7, del D.Lgs 16 dicembre 2016, n. 257”<sup>23</sup>. Nell’accezione riconosciuta dalle “Linee Guida ELTIS” (*Guidelines for developing and implementing a Sustainable Urban Mobility Plan* approvate nel 2014 dalla Direzione Generale per la Mobilità e i Trasporti della Commissione Europea) e dal loro aggiornamento pubblicato come seconda edizione delle linee guida europee nell’ottobre 2019 (Rupprecht Consult, 2019), un PUMS è un piano strategico che si propone di soddisfare la variegata domanda di mobilità delle persone e delle imprese nelle aree urbane e peri-urbane per migliorare la qualità della vita nelle città”.

---

<sup>23</sup> Recepisce la direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di un’infrastruttura per i combustibili alternativi.

La redazione di un PUMS ha l'obiettivo di migliorare la qualità e le prestazioni ambientali delle aree urbane in modo da assicurare un ambiente di vita più sano in un complessivo quadro di sostenibilità economica e sociale, facendo sì che il sistema della mobilità urbana assicuri a ciascuno l'esercizio del proprio diritto a muoversi, senza gravare, per quanto possibile, sulla collettività in termini di inquinamento atmosferico, acustico, di congestione e incidentalità. In tale ottica, il tema dell'accessibilità, intesa come insieme delle caratteristiche spaziali, distributive, organizzative e gestionali in grado di permettere la mobilità e un uso agevole, in condizioni di sicurezza e autonomia, degli spazi e delle infrastrutture della città da parte di qualsiasi persona, è da intendersi come elemento centrale per la redazione, l'implementazione e il monitoraggio di un PUMS.

La riorganizzazione del sistema della mobilità rappresenta una delle chiavi interpretative più rilevanti nel governo e nelle scelte delle trasformazioni urbane. Il ruolo che il sistema della mobilità riveste anche nel ridisegno delle aree di trasformazione urbane è sempre più incisivo, soprattutto nell'ottica di una maggiore vivibilità urbana.

### **1.3.2 Requisiti e condizioni urbanistiche**

#### *1- Spazio per la sosta*

L'art. 18 della legge n. 765/1967 introduce un'importante requisito legato agli spazi per parcheggi. Difatti, nelle nuove costruzioni ed anche nelle aree di pertinenza delle costruzioni stesse, debbono essere riservati appositi spazi per parcheggi in misura non inferiore ad un metro quadrato per ogni dieci metri cubi di costruzione (comma così modificato dall'articolo 2 della legge n. 122 del 1989 - *Disposizioni in materia di parcheggi, programma triennale per le aree urbane maggiormente popolate, nonché modificazioni di alcune norme del testo unico sulla disciplina della circolazione stradale*).

Col Decreto Interministeriale 2 aprile 1968, n. 1444 - "*Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra gli spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi, da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti*" - vengono definiti gli standard urbanistici italiani, influenzando indubbiamente lo sviluppo urbanistico dei comuni. In particolare, all'art. 3, nell'individuare per ogni abitante - insediato o da insediare-, la dotazione minima inderogabile di mq 18, è utile richiamare la quota parte dei 2,50 mq/ab di aree destinate a parcheggi con esclusione degli spazi destinati alle sedi viarie. (in aggiunta alle superfici a parcheggio previste dall'art. 18 della legge n. 765); tali aree, in casi speciali, potranno essere distribuite su diversi livelli.

#### *2- Fasce di rispetto e distanze*

Con la stessa legge n. 765/1967 le infrastrutture stradali iniziarono ad influenzare e condizionare l'ambiente circostante, urbano e non, entro cui dovevano essere realizzate; difatti si imposero alcuni limiti all'edificazione attorno alle strade fuori dai centri abitati.

In particolare l'art. 19 aggiunte alla legge 17 agosto 1942, n. 1150, dopo l'articolo 41, il seguente articolo 41-septies: "Fuori del perimetro dei centri abitati debbono osservarsi nella edificazione distanze minime a protezione del nastro stradale, misurate a partire dal ciglio della strada. Dette distanze vengono stabilite [...] in rapporto alla natura delle strade ed alla classificazione delle strade stesse, escluse le strade vicinali e di bonifica. [...] Lungo le rimanenti strade, fuori del perimetro dei centri abitati è vietato costruire, ricostruire o ampliare edifici o manufatti di qualsiasi specie a distanza inferiore alla metà della larghezza stradale misurata dal ciglio della strada con un minimo di metri cinque".

Il D.M. 1 aprile 1968, n. 1404 provvede a perfezionare quanto riportato dal suddetto articolo, recando le "*Distanze minime a protezione del nastro stradale da osservarsi nella edificazione fuori del perimetro dei centri abitati*". Le disposizioni relative alle distanze minime a protezione del nastro stradale vanno osservate nella edificazione fuori del perimetro dei centri abitati e degli insediamenti previsti dai piani regolatori generali e dai programmi di fabbricazione. All'art. 4 vennero stabilite le distanze da osservarsi nell'edificazione a partire dal ciglio della strada e da misurarsi in proiezione orizzontale, in dettaglio<sup>24</sup>:

- strade di tipo A - m. 60,00;
- strade di tipo B - m. 40,00;
- strade di tipo C - m. 30,00;
- strade di tipo D - m. 20,00.

Il Decreto Interministeriale 2 aprile 1968, n. 1444 pose i "*Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra gli spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi, da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti*". All'art. 9 vengono stabiliti i "limiti di distanza tra i fabbricati"; in particolare, in tal contesto, è utile ricordare che le distanze minime tra fabbricati, tra i quali siano interposte strade destinate al traffico dei veicoli (con esclusione della viabilità a fondo cieco al servizio di singoli edifici o di insediamenti), sono funzione della larghezza della sede stradale. Infatti, per tali distanze, debbono corrispondere alla larghezza della sede stradale maggiorata di:

- ml. 5,00 per lato, per strade di larghezza inferiore a ml. 7;
- ml. 7,50 per lato, per strade di larghezza compresa tra ml. 7 e ml. 15;
- ml. 10,000 per lato, per strade di larghezza superiore a ml. 15.

---

<sup>24</sup> Classificazione delle strade in rapporto alla loro natura ed alle loro caratteristiche (art.3), vengono così distinte agli effetti della applicazione delle disposizioni:

A) Autostrade: autostrade di qualunque tipo (legge 7 febbraio 1961, n. 59, art. 4); raccordi autostradali riconosciuti quali autostrade ed aste di accesso fra le autostrade e la rete viaria della zona (legge 19 ottobre 1965, n. 1197 e legge 24 luglio 1961, n. 729, art. 9);

B) Strade di grande comunicazione o di traffico elevato: strade statali comprendenti itinerari internazionali (legge 16 marzo 1956, n. 371, allegato 1); strade statali di grande comunicazione (legge 24 luglio 1961, n. 729, art. 14); raccordi autostradali non riconosciuti; strade a scorrimento veloce (in applicazione della legge 26 giugno 1965, n. 717, art. 7);

C) Strade di media importanza: strade statali non comprese tra quelle della categoria precedente; strade provinciali aventi larghezza della sede superiore o eguale a m. 10,50; strade comunali aventi larghezza della sede superiore o eguale a m. 10,50;

D) Strade di interesse locale: strade provinciali e comunali non comprese tra quelle della categoria precedente.

Il Codice della strada (D.Lgs. 30 aprile 1992, n.285) e relativo regolamento attuativo emanato con D.P.R. 495/1992 (e relative modifiche apportate con D.P.R. 610/1996) hanno riordinato la complessa materia cercando di fare anche una specie di “testo unico” per le distanze stradali e fasce di rispetto. Nel Codice, la strada è definita come “area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali” (art.2, c.1) e tra gli obiettivi alla base della progettazione vi sono la sicurezza di tutti gli utenti, la fluidità della circolazione, e la qualità della vita dei cittadini.

Certamente si può affermare che ha prevalso sempre una distinzione per strade situate negli agglomerati urbani e quelle in territorio agricolo; per le prime è stata consentita da sempre una maggiore flessibilità, attraverso l'imposizione di distanze minime e fasce di rispetto ridotte rispetto a quelle in territorio aperto. Il Codice della Strada, tramite il regolamento, ha operato una netta distinzione per effettuare interventi edilizi nelle fasce di rispetto stradali, in base al loro collocamento interno o esterno ai centri abitati.

Innanzitutto si riporta la classificazione generale delle tipologie di strade secondo il vigente art. 2 comma 2 del Codice della Strada. In funzione degli aspetti costruttivi, tecnici e funzionali il Codice stabilisce sei classi stradali equamente ripartite tra l'ambito urbano e extraurbano<sup>25</sup>:

- A - autostrada (urbana e extraurbana)
- B - extraurbana principale
- C - extraurbana secondaria
- D - urbana di scorrimento
- E - urbana di quartiere
- F - locale (urbana e extraurbana).

Gli elementi geometrici che definiscono la sezione di ognuna di queste tipologie sono stabiliti dalle Norme in base al “volume orario di traffico, alla sua composizione e alla velocità media di deflusso”<sup>26</sup>.

Gli accessi e le fasce di rispetto, tradotti in termini di forma dello spazio urbano, sono due temi intrinsecamente legati tra loro e coincidono con il rapporto che la strada instaura con l'ambiente costruito nel suo contesto più prossimo. Il D.P.R. 495/1992 definisce le fasce di rispetto agli art. 26-27-28, stabilendo le distanze minime da mantenere tra la fascia di pertinenza della strada e qualsiasi altro elemento che si relazioni con essa: edifici, muri di cinta, alberi, siepi e recinzioni. Anche in questo caso, la definizioni delle fasce di rispetto sono stabilite in funzione della classificazione delle strade.

In ambito urbano, è opportuno richiamare l'art. 28 D.P.R. 495/1992 “Fasce di rispetto per l'edificazione nei centri abitati” - (art. 18 Cod. Str.). Le distanze dal confine stradale all'interno dei centri abitati, da rispettare nelle nuove costruzioni, nelle demolizioni

---

<sup>25</sup> Per definizioni di ciascuna classe stradale si rimanda all'art. 2 c.3.

<sup>26</sup> Per le definizioni degli elementi si rimanda al DM 5 novembre 2001, cap. 3, paragrafo 3.3 “Elementi costitutivi dello spazio stradale”.

integrali e conseguenti ricostruzioni o negli ampliamenti fronteggianti le strade, non possono essere inferiori a:

- 30 m per le strade di tipo A;
- 20 m per le strade di tipo D.

In assenza di strumento urbanistico vigente, le distanze dal confine stradale da rispettare nei centri abitati non possono essere inferiori a:

- 30 m per le strade di tipo A;
- 20 m per le strade di tipo D ed E;
- 10 m per le strade di tipo F.

All'interno dei centri abitati, il DPR 495/92 stabilisce una distanza minima di 10 m per le strade di tipo F (locale urbana) solo in assenza di strumento urbanistico vigente mentre, in presenza di strumenti urbanistici vigenti, non fissa alcuna distanza minima né per le strade di tipo E (urbana di quartiere) né per quelle di tipo F (locale urbana), consentendo agli enti locali una grande libertà di scelta in termini di indirizzi e orientamenti progettuali. Ed ancora, le distanze dal confine stradale, all'interno dei centri abitati, da rispettare nella costruzione o ricostruzione dei muri di cinta, di qualsiasi natura o consistenza, lateralmente alle strade, non possono essere inferiori a: metri 3 per le strade di tipo A; metri 2 per le strade di tipo D.

### **1.3.3 Norme funzionali e geometriche delle strade e delle intersezioni**

#### *1 - Sulla progettazione delle strade*

La storia della normativa italiana per la progettazione delle strade comincia all'inizio degli anni '60, periodo in cui è avvenuto un grande sviluppo della rete stradale e autostradale a seguito della sempre più ampia diffusione delle automobili; ciò richiese la definizione di standard comuni per le caratteristiche geometriche del tracciato, del profilo, della sezione trasversale.

Per quel che concerne l'ambito urbano, le norme C.N.R. n. 60/78 "Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle strade urbane" contengono una classificazione funzionale e geometrica delle strade urbane, in cui si individuano le componenti di traffico, le sezioni tipo (carreggiate, banchine, marciapiedi, aree per la sosta, etc.), e introducendo il concetto di "fascia di pertinenza" (banchine più spazi laterali ausiliari per marciapiedi, fermate del trasporto pubblico, scarpate, etc.). Nel 1992 escono il Nuovo Codice della Strada e il relativo Regolamento con importanti articoli riguardanti la classificazione delle strade, le fasce di rispetto, la segnaletica, etc. Col D.M. n. 6792 del 5/11/2001 vengono finalmente emanate le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Si tratta di una norma cogente, che deve quindi essere completamente osservata sia per il progetto di nuovi tratti di strada, sia per l'adeguamento di strade esistenti.

Spesso nei progetti di adeguamento delle strade esistenti la norma risulta di difficile applicazione. L'emanazione del D.M. n. 67/s del 22/04/2004 relega il D.M. 5/11/2001 solo al progetto delle strade di nuova costruzione; il D.M. 5/11/2001 deve comunque

essere assunto come riferimento per i progetti di adeguamento dell'esistente, in attesa di una futura norma al riguardo.

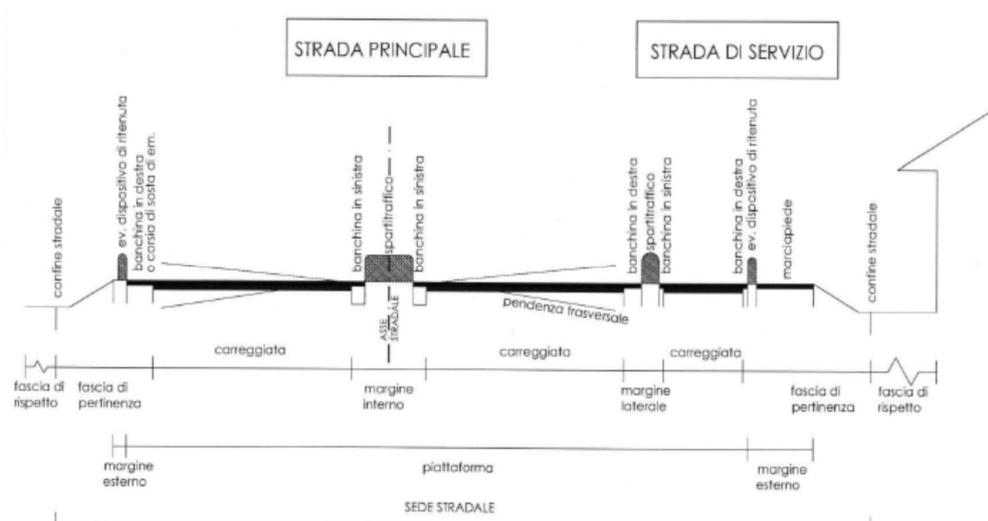
Il decreto introduce il concetto di livelli di "Rete stradale" ai quali appartengono le strade del territorio italiano. La struttura di ogni rete si articola in "archi" (strade) e "nodi" (sistema delle interconnessioni). La classificazione delle reti è di tipo funzionale e si basa su quattro fattori:

- tipo di movimento (transito, distribuzione, penetrazione e accesso)
- entità dello spostamento (distanza mediamente percorsa)
- tipo di collegamento nel contesto territoriale attraversato (nazionale, interregionale, provinciale e locale)
- componenti di traffico (tipo di veicoli)

Con riferimento a quanto previsto dalla classificazione funzionale delle strade (art. 2 del Codice) ed in considerazione dei quattro fattori fondamentali sopra elencati, si possono individuare nel sistema globale delle infrastrutture stradali i seguenti quattro livelli di rete, ai quali far corrispondere le funzioni:

- Rete primaria (*di transito, scorrimento*)
- Rete principale (*di distribuzione dalla rete primaria alla secondaria ed eventualmente alla locale*)
- Rete secondaria (*di penetrazione verso la rete locale*)
- Rete locale (*di accesso*)

Le classi stradali definite dal Cod. Str. sono associate ai quattro livelli di rete sulla base dei requisiti funzionali definiti dai quattro fattori sopra elencati. Per evitare un'eccessiva rigidità del sistema di classificazione con la conseguente difficoltà pratica nell'associare le classi stradali ai livelli di rete, le Norme stabiliscono per ogni strada una funzione principale propria che è quella della rete di appartenenza, e una o due funzioni secondarie che coincidono con quelle principali delle reti adiacenti.



17. Definizione illustrativa degli elementi costitutivi dello spazio stradale



18. Grafo esemplificativo dei quattro livelli di rete e le interconnessioni

Per garantire il funzionamento del sistema globale delle infrastrutture stradali, la Normativa considera le interconnessioni, ovvero i nodi di collegamento tra i diversi elementi della rete. Il progetto della sezione stradale consiste nell'organizzazione della piattaforma e dei suoi margini. Tale organizzazione risulta dalla composizione degli spazi stradali definiti, per ogni categoria di traffico, e concepiti come elementi modulari, anche ripetibili. Il numero di elementi e la loro dimensione sono funzione rispettivamente della domanda di trasporto e del limite superiore dell'intervallo di velocità di progetto. Per ogni tipo di strada si possono pertanto avere diversi tipi di sezione, in relazione all'ambito territoriale e all'utenza prevista. A tal proposito la Norma fornisce una serie di esempi di piattaforma stradale risultanti dalla composizione di alcuni degli elementi modulari già definiti. In ambito urbano le corsie delle strade hanno una larghezza compresa tra 2,75 e 3,25 m, le banchine una larghezza da 0,5 a 1 m, mentre la larghezza minima dei marciapiedi non può essere inferiore a metri 1,50. Sul marciapiede possono, comunque, trovare collocazione centralini semaforici, colonnine di chiamata di soccorso, idranti, pali e supporti per l'illuminazione e per la segnaletica verticale, nonché cartelloni pubblicitari, da installare in senso longitudinale

alla strada. Le corsie riservate ai mezzi pubblici devono avere larghezza superiore a 3,50 m.

Lo spazio della sosta, in base al senso di disposizione longitudinale o trasversale, varia dai 2,00 m ai 2,30 di larghezza e dai 4,80 m e 5,00 m per la lunghezza.

## *2 - Sulla progettazione delle intersezioni stradali*

L'inizio della normativa italiana in materia di progettazione delle intersezioni stradali può essere fatta risalire alla circolare ANAS del 1960 e aggiornata nel 1963 "Sistemazione degli accessi alle strade statali – Intersezioni semplici a T a Y a X". Si tratta di un documento molto importante perché definisce schemi che vengono largamente impiegati negli anni seguenti per la realizzazione delle intersezioni a raso. Le norme C.N.R. n. 31 del 1973 "Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade" costituiscono ancora oggi una pietra miliare per la progettazione delle intersezioni. Infatti la norma riguarda la progettazione delle strade e delle intersezioni a raso o a livelli sfalsati sia in ambito urbano sia in ambito extraurbano. Di grande interesse le norme C.N.R. n. 150/1992 "Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane", per la regolazione semaforica, per la segnaletica stradale, e per la geometria dei passi carrabili. Col D.M. 19/04/2006, a carattere cogente, vengono definite le regole fondamentali per la progettazione delle nuove intersezioni stradali negli ambiti urbano ed extraurbano. Non sono precisati molti dettagli geometrici, né le modalità esatte di esecuzione di determinate verifiche.

Tali norme si applicano alla costruzione di nuove intersezioni sulle strade ad uso pubblico, fatta salva la deroga di cui all'art. 13, comma 2 del decreto legislativo n. 285/1992: "La deroga è consentita solo per specifiche situazioni allorquando particolari condizioni locali, ambientali, paesaggistiche, archeologiche ed economiche non ne consentono il rispetto, sempre che sia assicurata la sicurezza stradale e siano comunque evitati inquinamenti."

Per l'adeguamento di intersezioni esistenti le norme costituiscono solo un riferimento cui la progettazione deve tendere. Gli interventi di adeguamento di strade e di intersezioni esistenti in futuro dovranno seguire una apposita normativa.

Il decreto classifica le intersezioni facendo riferimento alla classificazione stradale e utilizzando i principi della teoria delle svolte, basati sull'analisi funzionale dei flussi di traffico, cioè sulla topologia delle manovre possibili e sulla geometria delle traiettorie descrivibili dai veicoli in movimento; definisce otto tipi di strada, quattro per l'ambito extraurbano, quattro per l'ambito urbano, ottenendo in tal modo diversi possibili nodi di interconnessione tra strade, rappresentati nella seguente figura.



19. Matrice dei possibili nodi di intersezione

Sono indicate le soluzioni ammesse (svincolo, intersezione a livelli sfalsati, intersezione a raso) a seconda dei tipi di strada che si intersecano.

La tabella seguente contiene una descrizione dei tipi di intersezione ammessi in ambito urbano.

Per la definizione delle caratteristiche geometriche dell'intersezione, entrano in gioco diversi elementi da stabilire tra i quali ad esempio le dimensioni e la composizione delle piattaforme stradali, le pendenze longitudinali e trasversali delle rampe, i raccordi altimetrici, raggi delle curve circolari (in relazione alle velocità), le rotazioni delle sagome stradali, ecc.

Per quel che concerne le intersezioni a raso, le più comuni in ambito urbano, si distinguono in due tipi:

- *intersezioni lineari a raso* se sono consentite manovre di attraversamento ad incrocio;
- *intersezioni a rotatoria*, se vengono eliminate le manovre di attraversamento ad incrocio.

Elemento modulare	Strade extraurbane		Strade urbane	
	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)	Tipo di strada principale	Larghezza corsie (m)
Corsie destinate alle traiettorie passanti	nei casi ammessi	(*)	nei casi ammessi	(*)
Corsie specializzate di uscita	C	3,50	E	3,00
	F	3,25	F	2,75
Corsie specializzate per l'accumulo in mezzera	C	3,25	E	3,00 (**)
	F	3,00	F	2,75 (**)

(\*) si mantiene la larghezza delle corsie prevista nel D.M. 5/11/2001 per i tipi di strada interessati dall'intersezione;

(\*\*) riducibili a 2,50 se le corsie non sono percorse da traffico pesante o da mezzi adibiti al trasporto pubblico.

#### 20. Larghezza delle corsie nelle intersezioni a raso

Nelle intersezioni a raso, le larghezze delle corsie delle traiettorie passanti, delle corsie di uscita e delle corsie di accumulo sono riportate nelle seguente tabella.

Mentre per le intersezioni a rotatoria, la cui dimensione varia a seconda del diametro esterno della corona rotatoria, sono riportati nella figura seguente i valori della larghezza delle corsie della corona rotatoria, dei bracci di ingresso e dei bracci di uscita.

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	$\geq 40$	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	$\geq 40$	9,00
	$< 40$	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	$< 25$	4,00
	$\geq 25$	4,50

(\*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia.

(\*\*) organizzati al massimo con due corsie.

#### 21. Larghezza delle corsie della corona rotatoria e dei bracci di ingresso e di uscita

## CAPITOLO 2

### **Mobilità autonoma e connessa. Verso future transizioni urbane nell'era digitale.**

Il XXI secolo sarà di nuovo il secolo delle città. Secondo l'ONU oggi il 54% della popolazione mondiale vive nelle aree urbane; una percentuale destinata a salire al 60% nel 2030 e al 66% nel 2050 (United Nations, 2018). In Europa la popolazione urbanizzata raggiunge oggi il 74% e salirà al 77% fra tredici anni e all'82% nel 2050. Il XXI secolo vede una nuova fase nei processi di urbanizzazione: le economie emergenti attraversano una fase di crescita urbana di dimensioni senza pari nella storia, ma stanno tornando a crescere anche le città europee. Contestualmente, come individuato dall'Agenda Urbana dell'UE, qualità dell'aria, uso sostenibile del suolo, inclusione sociale, mobilità urbana e la crescente pressione demografica sono solo alcune delle sfide future che ruotano intorno alla pianificazione delle aree urbane.

A fronte di ciò, le città più dinamiche hanno sviluppato negli ultimi anni, e continuano a farlo, piani strategici di "adattamento al futuro", visioni di come saranno fra dieci, quindici, vent'anni, tenendo conto dal un lato la rivoluzione digitale che si tende a realizzare il disegno della *smart city*, affiancati da piani per la qualità dell'aria, della resilienza al cambiamento climatico.

La materialità e la meccanica delle iniziative di *smart city* sono rimodellate costantemente dal progresso dell'innovazione tecnologica del secolo in corso. Sappiamo non esistere un'unica definizione e comprensione dell'ideale di *smart city* e l'esistenza stessa di una *smart city* sappiamo essere molto dibattuta (Hollands, 2008).

Oggi innumerevoli iniziative per le città intelligenti viene implementata in diverse località geografiche, formando un complesso impianto di visioni urbane Picon (2018), sostiene che "la città intelligente appartiene in parte all'immaginazione", una condizione che rende difficile identificare le incarnazioni di questo ideale urbano. Caprotti (2019), sottolinea che "sono pochi i luoghi e gli spazi nella città contemporanea che possono essere visualizzati e resi leggibili come chiaramente appartenenti alla città intelligente".

All'interno del vasto "catalogo" di presunte città intelligenti, la tecnologia dell'informazione e della comunicazione (ICT) costituisce senza dubbio il fattore comune denominatore (Caragliu et al., 2011). Il *package* di una città intelligente normalmente include reti e sensori intelligenti e tecnologie dell'IoT, utilizzate per produrre grandi volumi di dati sul funzionamento delle città riguardanti, ad esempio, il consumo di energia e la mobilità.

Contestualmente, però, i progetti di *smart city* essendo alimentati da rapidi processi di innovazione tecnologica, nel momento in cui viene rilasciata sul mercato una nuova tipologia di tecnologia *smart urban*, le dinamiche dell'urbanistica *possono* cambiare e la città può essere condizionata ed essere indotta ad un qualche processo di trasformazione. Abbiamo visto che questa condizione, ovviamente, non è sintomatica delle sole agende delle città intelligenti, in quanto le infrastrutture e il *design* stesso delle

città sono storicamente cambiate in sincronia con il progresso tecnologico. Emblematica ricordiamo essere la riconfigurazione delle città dall'inizio del XX secolo a causa dell'avvento dell'automobile ed i necessari strumenti normativi per governare e gestire il processo di transizione. In questi termini, potremmo sostenere che l'evoluzione della città segue l'evoluzione della tecnologia. Ad oggi, la novità nasce in gran parte dalla tecnologia *smart* che entra in città.

Considerando questa premessa, si può sostenere che più una tecnologia intelligente è rivoluzionaria e dirompente, maggiore sarà probabilmente la trasformazione della città che la integra. Questo legame è stato osservato da Batty (2018) in relazione all'AI; in questi termini, cambia il sistema in cui opera. È anche, come nota Greenfield (2017), una tecnologia radicale poiché i cambiamenti che innesca possono essere profondi, significativi e potrebbero investire ogni scala della vita quotidiana, dalla vita personale degli individui alla governance delle città, e dall'organizzazione di stati alla geopolitica globale.

Oggi, l'innovazione nell'AI sotto forma, ad esempio, di auto a guida autonoma, robot e piattaforme autonome di gestione delle infrastrutture urbane, sta spingendo la città intelligente a trasformarsi in una creatura urbana che è in gran parte sconosciuta (Batty, 2018; Allam e Dhunny, 2019). Probabilmente per la prima volta nella storia, le tecnologie urbane artificialmente intelligenti potrebbero togliere la gestione dei servizi urbani dalle mani degli esseri umani, portando la città a funzionare in modo autonomo, quindi intelligente; non sembra esserci alcun limite alla progresso dell'AI nelle città.

Ad oggi c'è poca o nessuna conoscenza dei molti modi in cui forme di AI potrebbero influenzare lo sviluppo di iniziative per le città intelligenti e le probabili implicazioni per le città.

## **2.1 AI e città: verso la mobilità autonoma e connessa**

A fronte di una elevata incertezza e limitata conoscenza sulle possibili implicazioni dell'intelligenza artificiale sulle città, assistiamo all'emergere di un'innovativa tecnologia "intelligente" nel trasporto urbano. Con l'introduzione dell'AI nei sistemi di guida, l'odierna era digitale ha portato ad avere soluzioni di mobilità urbana sempre più "intelligenti", capaci di parcheggiarsi, modificare la velocità o la direzione di marcia, e "dialogare" con gli altri utenti della strada.

Originariamente percepito nell'agenda delle città intelligenti, il concetto di mobilità urbana intelligente è "caratterizzato da un'integrazione di tecnologie veicolari sostenibili e intelligenti e sistemi di trasporto intelligenti cooperativi attraverso *server cloud* e reti veicolari basate su *big data*" (Kim, Moom, & Suh, 2015).

In questa nuova forma di mobilità intelligente, rientrano i "veicoli autonomi" (AV), considerati una delle applicazioni più innovative delle tecnologie "intelligenti" dell'epoca odierna, all'interno del più ampio programma di trasporto del nostro tempo (Fagnant D.J., Kockelman K., 2015; Faisal et al. 2019; Freudendal-Pedersen et al., 2019). Questi "elementi" complessi, altamente tecnologici, considerati come una delle innovazioni chiave dei primi decenni del XXI° secolo, non solo sono in grado di rivoluzionare il sistema di mobilità urbana ed extra-urbana, e trasformare lo stile di vita quotidiano delle persone. Ma, contestualmente, sono considerati una delle tecnologie

più dirompenti per rimodellare radicalmente le città d'oggi (Nikitas A. et al, 2017; Hand A.Z., 2017; Duarte F., Ratti C., 2018; Legacy C. et al., 2019). L'ascesa delle *driverless car* sembra dunque seguire una traiettoria simile a quella che introdusse l'automobile nelle precedenti epoche.

### **2.1.1 Concetti e termini**

Non esiste un pieno accordo sulla definizione di veicoli “automatizzati” (*automated*), “autonomi” (*autonomous*), “a guida autonoma” (*self-driving*) e “senza conducente” (*driverless*) e spesso questi termini vengono utilizzati come sinonimi.

In tal contesto identificheremo “veicoli automatizzati” come quelli che utilizzano apparecchiature di bordo per eseguire automaticamente una o più attività di guida; mentre con AV quei veicoli pubblici o privati progettati per guidare autonomamente, senza il controllo del guidatore umano. In base a questa definizione gli AV appartengono effettivamente alla più ampia famiglia dei veicoli automatizzati, rappresentandone la versione tecnologicamente più evoluta.

Un'altra distinzione si basa sul grado in cui il veicolo automatizzato è “autonomo”, facendo affidamento esclusivamente sulla sua attrezzatura di bordo per raccogliere informazioni, prendere decisioni e informare compiti, o “connesso”, cioè in comunicazione con altri veicoli, dispositivi personali (ad esempio *smartphone*) o l'infrastruttura del traffico circostante per raccogliere informazioni ed eseguire attività di guida tramite ITS (*Intelligent Transport Systems*).

Quindi, oltre a consentire ai veicoli di guidare in modo autonomo, la tecnologia digitale consente anche ai veicoli di comunicare tra loro, con le infrastrutture e i sistemi di gestione della città intelligente; tale condizione li definisce come “veicoli autonomi e connessi” (CAV – *Connected and Autonomous Vehicle*).

In termini più tecnici, ACEA, l'Associazione dei costruttori europei di automobili, definisce la guida connessa e automatizzata (CAM) come segue<sup>27</sup>:

- *veicoli connessi*: possono scambiare informazioni in modalità wireless con altri veicoli e infrastrutture, ma anche con il produttore del veicolo o fornitori di servizi di terze parti;
- *veicoli automatizzati*: sono veicoli in cui almeno alcuni aspetti delle funzioni di controllo critiche per la sicurezza si verificano senza l'input diretto del conducente.

Sebbene i veicoli connessi e automatizzati siano due concetti distinti, sono saldamente collegati l'uno all'altro. Le tecnologie che possono connettere i veicoli con altri veicoli o infrastrutture sono già in uso nei veicoli non automatizzati - un esempio è il dispositivo di chiamata elettronica che può collegare i veicoli con i servizi di emergenza in caso di incidenti stradali. Tuttavia sono un elemento cruciale per guidare lo sviluppo di livelli più avanzati di automazione dei veicoli sia nel trasporto passeggeri che merci.

Prima di definire cosa si intende per livello e/o grado di “autonomia o automatizzato” di un veicoli, sembra opportuno compiere un sguardo veloce al passato e fornire

---

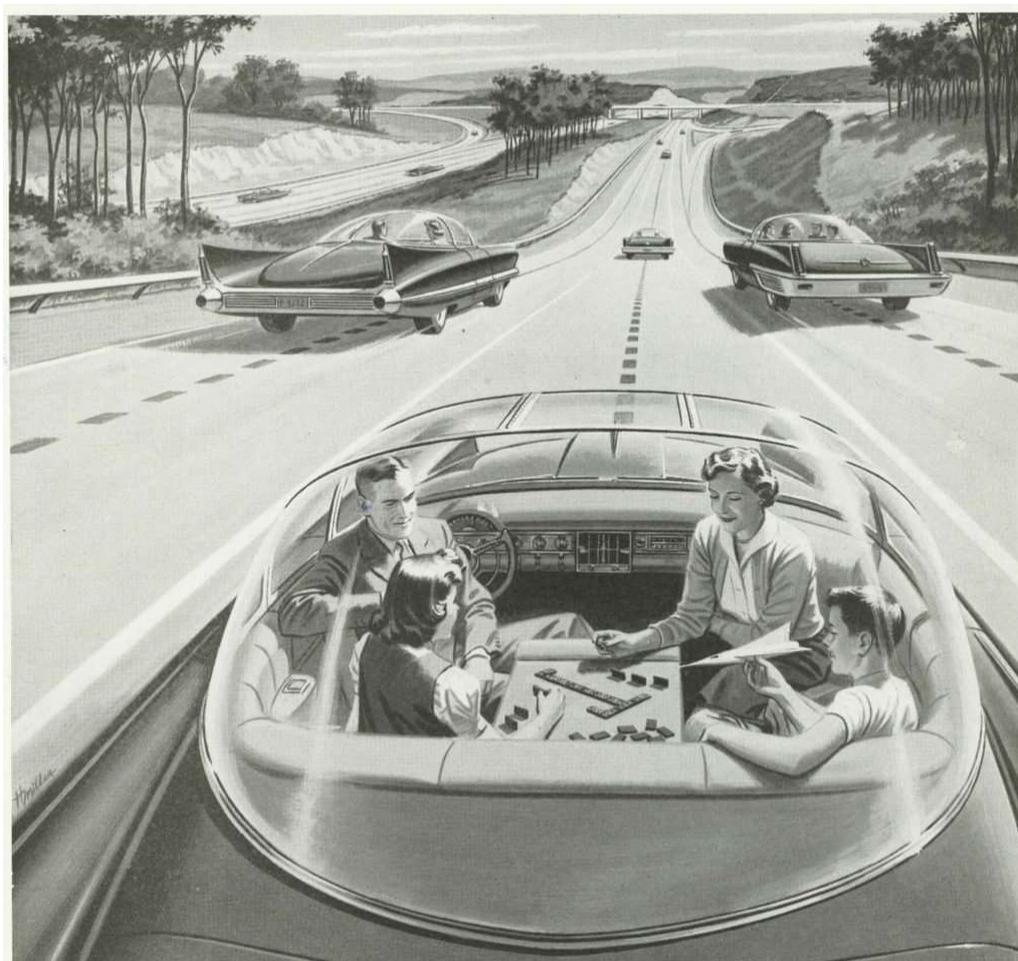
<sup>27</sup> <https://www.acea.be/industry-topics/tag/category/connected-and-automated-driving>

brevemente alcuni aspetti degni di nota poiché forniscono informazioni sulla relazione tra l'emergente forma di mobilità e le città.

Sebbene negli ultimi anni sia diventato molto popolare durante il movimento delle città intelligenti e nell'immaginario delle città del futuro, il concetto di mobilità autonoma non è affatto un progresso fatto di recente.

Originariamente l'automazione dei veicoli era già stata concepita nel 1918 (Stenquist, 1918) ed una versione primitiva del concetto AV era stata presentata dalla General Motors alla Fiera mondiale di New York del 1939, dove il designer Norman Bel Geddes li incorporò nella sua "Futurama" (Geddes N. B., 1940). "Futurama" era un concetto visionario di città di venti anni dopo e mirava a facilitare il movimento di persone e merci in tutto il paese, reso possibile, appunto, dalle "Autostrade magiche" automatizzate e dallo sviluppo spaziale suburbano. *Magic Motorways* presentava corsie simili a trincee, accompagnate da percorsi elettromagnetici, in modo che i veicoli mantenessero le loro corsie, mentre i veicoli incorporavano sistemi di segnalamento ferroviario e controlli elettronici della velocità guidati da sistemi di controllo radio.

Seppur dubbiosi sull'esistenza della tecnologia al tempo, la visione si rivelò molto popolare. Nel corso degli anni Cinquanta la *General Motors* si stancò di perseguire questa visione, sviluppando esperimenti sulle autostrade elettriche che proseguirono con prove negli anni Sessanta e Settanta. Questi sforzi erano costosi e mitigati dalla tecnologia del tempo, quindi non sono mai riusciti a far avanzare l'auto senza conducente oltre la fase di concept. Fu negli ultimi decenni del XX secolo che la moderna automobile senza conducente iniziò ad emergere dai laboratori dei ricercatori di robotica.



**ELECTRICITY MAY BE THE DRIVER.** One day your car may speed along an electric super-highway, its speed and steering automatically controlled by electronic devices embedded in the road. Travel will be more enjoyable. Highways will be made safe—by electricity! No traffic jams . . . no collisions . . . no driver fatigue.

22. Visione delle future autostrade nel 1959, Norman B. Geddes, 1939

I primi progetti che coinvolgono veicoli a guida autonoma sono stati condotti per la US *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) dalla *Carnegie Mellon University* (CMU) *Navlab and University* del Michigan nel 1984, nonché da una partnership di Mercedes-Benz e *Bundeswehr University* di Monaco nel 1987. Il primo viaggio in auto senza conducente da costa a costa “No Hands Across America” è stato implementato da *Navlab* della CMU nel 1995, dove il 98,2% delle 2.849 miglia da Pittsburgh a San Diego sono state completate autonomamente a una velocità media di 102,3 km/h.

In Europa, nel corso degli anni ‘80 e ‘90, il pioniere tedesco dei veicoli a guida autonoma Ernst Dickmanns ha costruito diversi prototipi che utilizzavano sensori e software intelligente per guidare se stessi. La prima esperienza di *self-driving car* avvenne col progetto “ARGO” nel 1998, grazie ad Alberto Broggi e al suo team. Questi

realizzarono un vero prototipo di veicolo (denominato ARGO, un'autovettura Lancia Thema dotata di sensori di visione, sistemi di elaborazione e attuatori del veicolo), sviluppando il software e l'hardware necessari che lo rendevano in grado di guidare autonomamente su strade standard (Broggi A. et al., 1999). Broggi ha creato un'auto che utilizzava un software di visione artificiale per seguire gli indicatori di corsia dipinti. Per quanto primitive come queste prime auto senza conducente fossero per gli standard odierni, avevano un grande vantaggio sulle automobili guidate radioguidate del passato: la loro intelligenza era trasportata a bordo dell'auto piuttosto che immersa nella strada. Proprio grazie a questa piattaforma, oggi Uber, Google e Apple conducono i loro esperimenti in California sulla guida autonoma. Difatti, in questa rivoluzione della mobilità, la presenza di nuovi attori non direttamente legati al settore *automotive* giocano un ruolo centrale nello sviluppo della *driverless car*. Sono infatti le realtà tecnologiche ad avere un'importante posizione, come Google che ha già investito nel progetto *driverless car*, inizialmente utilizzano un prototipo della Toyota Prius riadattato alle sue necessità e più recentemente sviluppando 100 prototipi self-driving, completamente elettrici, con un *range* di autonomia di circa 160 km, che possono essere controllabili con uno *smartphone*. La *Google car*, monta un sistema dotato di sensori, telecamere e sistemi di posizionamento, in grado di vedere fino a 183 metri in ogni direzione, navigando agevolmente sulle strade urbane (Beeton D., Holland B., 2014). Inoltre dal 2016 Fiat Chrysler Automobiles (FCA) ha sviluppato una partnership proprio con Google e sono stati prodotti alcuni esemplari di minivan Pacifica che si guidano da soli grazie alle tecnologie Waymo del gigante di Mountain View.

Iniziative in questa direzione sono state intraprese anche dal colosso Apple, che nel 2016 ha parzialmente deciso di dedicarsi solo alle tecnologie delle *driverless car*, senza necessariamente realizzare i veicoli ma sviluppando collaborazioni successivamente. Numerose case automobilistiche stanno scendendo in campo, anche in Europa il gruppo francese PSA Peugeot-Citroen sta testando la sua tecnologia *driverless*, riuscendo a far attraversare l'autostrada Parigi - Bordeaux senza alcun intervento umano ad uno dei suoi prototipi<sup>28</sup>. *Tesla Motors* sta sviluppando queste tecnologie, che sono in parte già presenti nei modelli di auto prodotti, e l'obiettivo è quello di rendere tali funzioni più avanzate.

### 2.1.2 Livelli di automazione

Al fine di facilitare la comprensione delle diverse tecnologie automatizzate all'interno dei domini tecnici e politici, la SAE International<sup>29</sup>, propone una classificazione a sei livelli dei veicoli stradali che vanno dal livello 0 - nessuna automazione al livello 6 - automazione completa. La classificazione considera la capacità di un veicolo di controllare la propria posizione, comprendere diversi ambienti e consentire al conducente di dedicare la propria attenzione ad altre attività durante il viaggio. La figura

---

<sup>28</sup> <https://www.stradeeautostrade.it/notizie/2015/guida-senza-conducente-auto-psa-peugeot-citroen-percorre-la-parigi-bordeaux-in-totale-autonomia/>

<sup>29</sup> SAE International – On-Road Automated Vehicle Standards Committee, *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems*, Information Report, Giugno 2018. [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_201806/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/)

seguente riporta la rappresentazione schematica dei livelli di automazione proposti da SAE International, integrata dalla descrizione di ciascuna categoria.

L'utilizzo e l'applicazione di queste specifiche tecnologie avviene in maniera incrementale, dando di fatto il via alla costruzione di un percorso che parte da un veicolo



## SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You <b>are</b> driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are <b>not</b> driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat"		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>• automatic emergency braking</li> <li>• blind spot warning</li> <li>• lane departure warning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering OR</li> <li>• adaptive cruise control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lane centering AND</li> <li>• adaptive cruise control at the same time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• traffic jam chauffeur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• local driverless taxi</li> <li>• pedals/steering wheel may or may not be installed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions</li> </ul>

For a more complete description, please download a free copy of SAE J3016: [https://www.sae.org/standards/content/J3016\\_201806/](https://www.sae.org/standards/content/J3016_201806/)

### 23. Classificazione SAE sui livelli di automazione di guida. SAE International, 2018

privo di automazione ( da 0 a 2), - in base ai quali la responsabilità del monitoraggio dell'ambiente del conducente appartiene ai conducenti umani, - ad un veicolo a completa automazione, per le capacità più avanzate (livelli da tre a cinque), includono quei sistemi automatizzati in grado - in determinate condizioni - di monitorare e rispondere all'ambiente esterno senza l'intervento di un conducente umano. Già molte sono le tecnologie semi-automatiche, ad oggi, diffuse e consolidate come il *cruise control* con cui l'auto può mantenere una velocità fissa, o le telecamere posteriori aiutano nelle manovre di retromarcia, o ancora i sensori interni ed esterni aiutano nel parcheggio e a non uscire di strada. Questa evoluzione tecnologica sta sollevando sempre di più il guidatore dalle normali operazioni di guida, trasmettendo un numero crescente di responsabilità al veicolo. L'automazione del sistema di guida varia a seconda degli sviluppi tecnici.

Per una maggior comprensione si riportano le descrizioni specifiche per ciascuno livello che definiscono le capacità di guida autonoma per un veicolo<sup>30</sup>:

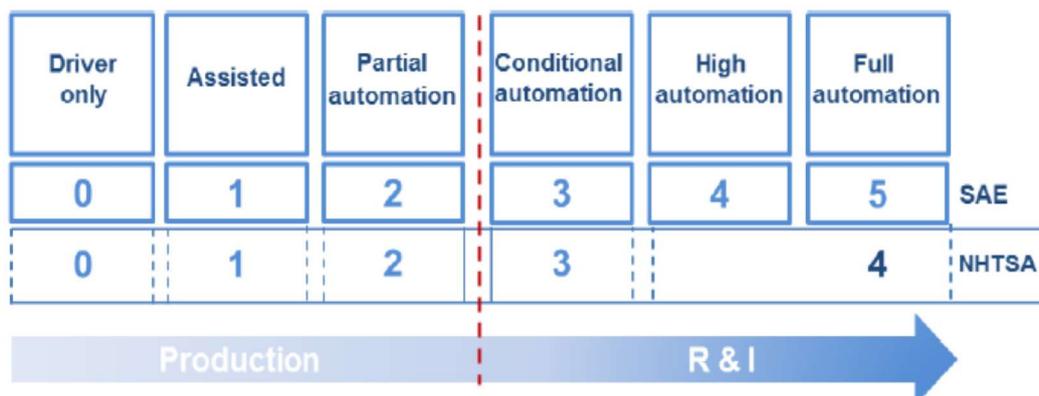
- 1 Livello 0 - *No Driving Automation*: il conducente è responsabile del monitoraggio dell'ambiente e dell'esecuzione costante di tutte le attività di guida dinamiche (longitudinale e laterale) durante il viaggio. Il livello 0 è definito come “nessuna automazione”; tuttavia, due serie di sistemi che intervengono senza l'input del conducente rientrano in questa classe, vale a dire i sistemi di allarme - ad es. *Lane Change Assist*, *Park Distance Control*, *Lane Departure Warning* e *Front Collision Warning* - e sistemi di emergenza - ad es. Sistema antibloccaggio, controllo elettronico della stabilità e frenata di emergenza. Sebbene quest'ultima classe includa sistemi che effettivamente forniscono il controllo laterale e/o longitudinale in situazioni specifiche (ad esempio in caso di rottura), queste funzioni sono ancora considerate non automatizzate poiché intervengono per periodi brevi e non sostenuti;
- 2 Livello 1 - *Driver Assistance*: i sistemi automatizzati di Livello 1 eseguono parti del compito di guida dinamica (controllo longitudinale o laterale). Il conducente umano è responsabile dei restanti aspetti della guida, inclusi il rilevamento e la risposta di oggetti ed eventi, la supervisione dell'attività di guida dinamica automatizzata, l'esecuzione delle attività di guida dinamica che non sono automatizzate e l'attivazione o la disattivazione del sistema di assistenza. Esempi di sistemi di assistenza alla guida includono il controllo della velocità di crociera adattivo (ACC), il parcheggio assistito con sterzo automatizzato e il *Lane Keeping Assist* (LKA);
- 3 Livello 2 - *Partial Driving Automation*: questi sistemi eseguono parti sia del controllo longitudinale (accelerazione / frenata) che laterale (sterzo). Il conducente è responsabile del monitoraggio e della risposta alle condizioni dell'ambiente di guida e della supervisione e attivazione / disattivazione dei sistemi automatizzati. Sotto questo livello di automazione, il conducente potrebbe essere disimpegnato dal guidare fisicamente il veicolo in determinate circostanze (ad esempio, può togliere le mani dal volante). Tuttavia, ha bisogno di monitorare l'ambiente di guida in ogni momento ed essere in grado di assumere immediatamente il pieno controllo del veicolo quando necessario;
- 4 Livello 3 - *Conditional Driving Automation*: i sistemi di livello 3 sono in grado di eseguire tutti gli aspetti di uno o più compiti di guida dinamici e funzioni di sicurezza, compreso il monitoraggio dell'ambiente di guida, in determinate condizioni (ad es. ingorghi stradali sulle autostrade). Il conducente non è tenuto a monitorare costantemente le attività di guida dinamica automatizzata mentre il sistema di livello 3 è attivo, ma deve essere in grado di assumere il controllo con tempi di reazione appropriati quando richiesto. Il sistema deve avvisare il conducente in anticipo se le condizioni richiedono il passaggio al controllo del

---

<sup>30</sup> Adaptive – Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles, *System Classification and Glossary*, Deliverable D2.1, February 2015.

- conducente. I sistemi di livello 3 includono i sistemi *Traffic Jam Chauffeur* e *Highway Chauffeur*;
- 5 Livello 4 - *High Driving automation*: questi sistemi eseguono tutti gli aspetti delle attività di guida dinamica in condizioni specifiche in modo simile ai sistemi di livello 3. Tuttavia, i sistemi di livello 4 non richiedono che un guidatore umano fornisca l'alternativa, poiché sono in grado di avviare la disattivazione quando le condizioni di progettazione non sono più soddisfatte, disattivandosi completamente solo quando il conducente assume il controllo o viene raggiunta una condizione di rischio minimo. Di conseguenza, il conducente potrebbe eseguire azioni secondarie, anche quelle che richiedono un tempo di reazione lungo, mentre è attiva la modalità automatizzata;
  - 6 Livello 5 - *Full Driving Automation*: sono in grado di eseguire tutti gli aspetti delle attività di guida dinamica in tutte le condizioni stradali e ambientali. Essendo progettati per completare viaggi in modo autonomo senza la necessità di un conducente umano, sono gli unici sistemi autonomi che possono essere propriamente denominati "veicoli a guida autonoma".

Una ulteriore classificazione sui livelli di automazione, menzionata anche'essa nella letteratura di settore, proviene dalla *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) (2013) del Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti. Questa classificazione suddivide i veicoli alla guida in cinque livelli (incluso il Livello 0 - Nessuna automazione). È possibile trovare un'analogia tra le due definizioni: le definizioni dei primi quattro livelli delle due classificazioni sono molto simili tra loro sebbene il nome del livello possa cambiare (Livello 0 - Nessuna automazione, Livello 1 - Automazione specifica della funzione, Livello 2 - Automazione a funzioni combinate, Livello 3 - Automazione a guida autonoma limitata secondo la classificazione NHTSA). La differenza principale è che *SAE International* specifica una distinzione tra livello di automazione alto e completo, mentre NHTSA considera entrambe le classi come Livello 4 - Full Self-Driving Automation. La figura seguente confronta le due classificazioni.



24. Fonte: EPoSS, *European Technology Platform on Smart Systems Integration* (2015)<sup>31</sup>

<sup>31</sup> La piattaforma tecnologica europea sull'integrazione dei sistemi intelligenti (EPoSS) è un'iniziativa politica guidata dal settore, che definisce le esigenze di ricerca e sviluppo e innovazione nonché i requisiti politici relativi all'integrazione

Altri sistemi di classificazione potrebbero essere incontrati quando si ha a che fare con sistemi automatizzati, come quelli forniti dal gruppo di lavoro VDA (German Association of Automotive Industry) “Vehicle Automation” e il gruppo di lavoro BAST, i cui membri sono BAST, BMW, Bosch, Daimler, DLR, Università di Berlino, Università di Braunschweig e Volkswagen.

Nonostante l’utilizzo di definizioni leggermente differenti per la descrizione dei livelli di automazione - a causa dei diversi obiettivi dell’associazione o del gruppo di lavoro che fornisce la classificazione - i sistemi di classificazione sopra menzionati sono molto simili tra loro.

Esistono, dunque, molte tassonomie esistenti sugli AV, ma la più ampiamente adottata a livello internazionale è quella inizialmente descritta e fornita dalla SAE. Questa è stata adottata dal Dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti nel settembre 2016, dall’OCSE nel 2015 e dall’UE.

Per tale ragione, nella presente dissertazione, si farà riferimento a quest’ultima classificazione per indicare i vari livelli di automazione.

---

dei sistemi intelligenti e ai micro e nanosistemi integrati. EPoSS contribuisce a EUROPA 2020, la strategia di crescita dell’UE per il decennio 2010-2020.



*25. Esempi di veicoli privato a guida autonoma: evoluzione e trasformazione del veicolo*



26. Esempi di veicoli pubblici (denominati shuttle) a guida autonoma

### 2.1.3 Tempistiche di diffusione

Sebbene le prime indagini ed esperimenti relativi ai veicoli automatizzati o autonomi siano iniziati all'inizio degli anni '80 (Anderson et al., 2014), la maggior parte dei progressi tecnologici si sono verificati nell'ultimo decennio. Secondo l'Istituto di ricerca economica di Colonia, 5839 brevetti relativi alla guida autonoma sono stati depositati tra gennaio 2010 e luglio 2017 (Bard, 2017). Nove delle principali società automobilistiche mondiali sono responsabili della maggior parte di questi brevetti, guidate da Bosch (958), Audi (516) e Continental (439), sebbene anche altre grandi società non fornitrici di automobili come Google (338) siano in competizione per sviluppare la prima auto senza conducente.

L'interesse diffuso mostrato dalle aziende private e dalle autorità pubbliche, desiderose di fornire ai cittadini i potenziali benefici sociali degli AV, sta accelerando il loro processo di sviluppo e implementazione.

Attualmente sono in uso sempre più auto dotate di sistemi avanzati di assistenza alla guida (ADAS) come il controllo della velocità o il parcheggio parallelo automatizzato (ovvero il livello 1 e il livello 2 AV, secondo i livelli SAE). Capsule di transito automatizzate di livello 3, autobus, taxi e automobili, o anche di livello 4 e 5 (ad es. il WEpod olandese), vengono sviluppate e testate in molti paesi, come Stati Uniti, Paesi Bassi, Svezia, Regno Unito, Germania e Francia, in tutte le sperimentazioni dei progetti europei ed extraeuropei (Hörl et al., 2016; KPMG, 2018). Solo negli Stati Uniti, sono state lanciate 163 aziende legate all'AV e più di 7 milioni di miglia di strade sono state guidate autonomamente dal 2009 (Ohnsman, 2018).

A fronte di un delineato interesse verso lo sviluppo tecnologico, meno certe sono le tempistiche con cui questi veicoli verranno implementati all'interno del contesto urbano. L'orizzonte di implementazione per gli AV si sposterà attraverso ogni livello di autonomia.

Si prevede che General Motors (GM) e Ford avranno AV di livello tre e quattro in uso tra il 2020 e il 2021, sebbene il modello di proprietà tradizionale non si sarebbe applicato poiché l'adozione anticipata sarebbe avvenuta attraverso società di *ride-sharing*. Walker osserva che tutte le principali aziende automobilistiche hanno in programma di rendere operativi gli AV di livello medio nel periodo 2020-2030. Inoltre, i produttori di veicoli (ad esempio, GM, Ford, Chrysler, Toyota, Daimler, Hyundai) non si concentrano solo sulla produzione di AV, ma collaborano con aziende di software e robotica per lo sviluppo di prodotti e con società di *ride-sharing* (ad esempio, Uber, Lyft) per l'implementazione<sup>32</sup>. Il prodotto finale della mobilità per i consumatori apparirà familiare, ma il modo in cui viene fornita la mobilità sarà il risultato di una ricombinazione di tecnologie e imprese.

Secondo Milakis et al. (2017) i tassi di penetrazione sul mercato potranno variare tra 1% e 11% (semi-autonomi) entro 2030 e tra il 7% e il 61% (completamente autonomi) entro il 2050. Secondo Underwood (2014), invece, sempre al 2030 assisteremo già all'introduzione dei primi AV di livello 5, in linea con le aspettative del pubblico

---

<sup>32</sup> *The Self-Driving Car Timeline*, <https://emerj.com/ai-adoption-timelines/self-driving-car-timeline-themselves-top-11-automakers>

suggerendo che al 2030 gli AV di livello 5 saranno già diffusi (Bazilinskyy et al., 2019). Altri studi prevedono tassi di penetrazione differenti, ad esempio al 2030 una presenza di veicoli pari al 80% per il livello 2, al 39% per il livello 3 e al 10% per il livello 4 (Begg, 2014). Questa implementazione potrebbe seguire diverse fasi. Dopo un periodo di prova, la prima introduzione di navette di livello 4 o servizi di microtransito e camion merci è prevista solo sulle autostrade, consentendo il *platooning* merci, tra il 2020-2027 (RPA, 2017). Secondo RPA (2017) ci sarebbe quindi una progressiva conversione autonoma delle flotte di veicoli dal 15% nel 2030 al 75% nel 2040, che ridurrebbe il numero di corsie di circolazione richieste. Ciò porterebbe alla sistemazione della circolazione AV nelle strade urbane oltre il 2040, comprendendo servizi AV condivisi (SAV) pubblici flessibili adattabili a diversi modelli di domanda. Il rapporto KPMG (2017) stima lo spiegamento dei veicoli di livello 3 entro la fine del 2020-2025, di livello 4 tra 2025-2030 e di livello 5 oltre il 2030.

Ma a fronte del rapido sviluppo tecnologico, la tempistica stimata per l'introduzione della tecnologia AV è soggetta a molte incertezze e molte case automobilistiche hanno più volte annunciato l'entrata in commercio degli AV entro il 2020, dovendo successivamente smentirsi per posticipare la data della reale commercializzazione (Bazilinskyy et al., 2019). I resoconti di Begg (2014) e Litman (2017) avvertono che il processo potrebbe essere facilmente più lento del previsto, come con altre rivoluzioni tecnologiche o dei trasporti in passato, in quanto le tempistiche relative la commercializzazione dei veicoli con alti livelli di autonomia sono piuttosto incerte. In effetti, l'introduzione della motorizzazione di massa hanno richiesto decenni dal momento in cui è iniziata la produzione. Secondo Litman (2017), anche quando la tecnologia diventerà disponibile in commercio, l'uso generale di AV di proprietà privata potrebbe richiedere soli tre decenni di distanza per diventare una realtà, quindi per il 2050.

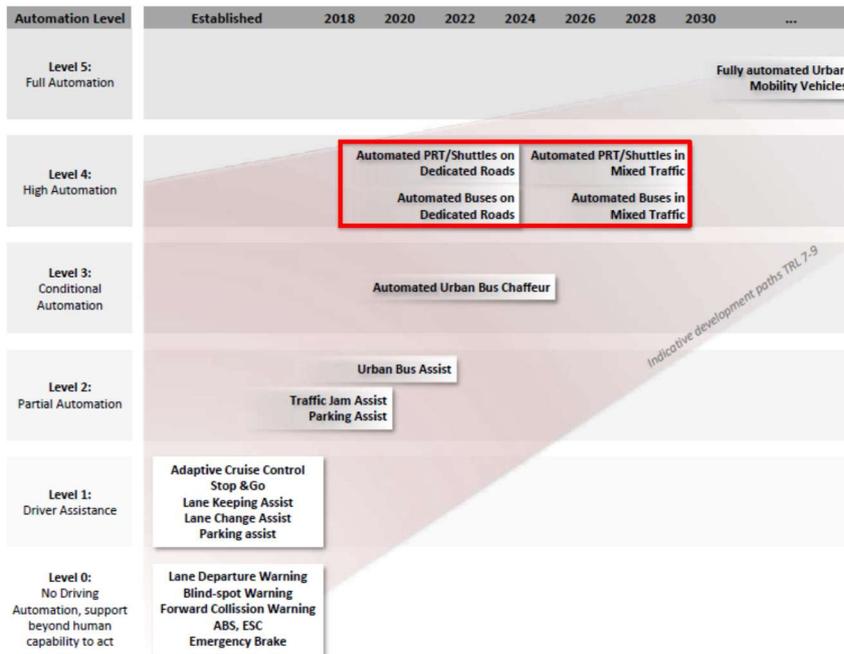
Percorsi più chiari sono stati delineati dalla piattaforma tecnologica europea (ETRA, 2019) sostenendo che la mobilità completamente autonoma (livello 5 secondo SAE) sarà disponibile solo nei decenni successivi al 2030. Poiché il trasporto su strada include vari tipi di veicoli, la piattaforma ha sviluppato in modo dettagliato i percorsi di sviluppo in tabelle di specifiche marcia rispetto categoria di veicoli. In particolar modo vengono qui riportate due diverse tabelle di marcia che forniscono prospettive temporali specifiche per i veicoli collettivi per la mobilità urbana e autobus e per le automobili private<sup>33</sup>. La prima *roadmap* si riferisce particolarmente all'elevata automazione in ambiente urbano.

Nella *roadmap*, vengono utilizzate due categorie per indicare i percorsi di sviluppo: i *Personal Rapid Transit* (PRT), comprese le navette collettive urbane per veicoli di mobilità urbana più piccoli principalmente per il trasporto di persone, per l'uso dell'ultimo miglio, ma potenzialmente anche per distanze più lunghe, su strade limitate, dedicate e aperte; gli *Autobus urbani e pullman* con vari tipi di funzionalità automatizzate come assistenza alla guida, automazione delle fermate degli autobus,

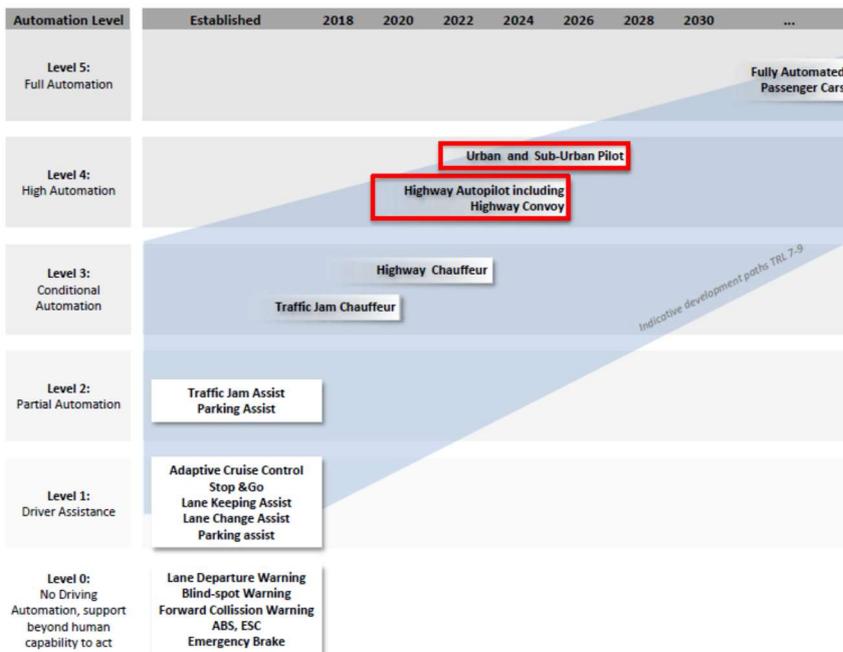
---

<sup>33</sup> I percorsi di sviluppo indicano il lasso di tempo per raggiungere i livelli di TRL 7-9, da intendersi pronti dal punto di vista tecnologico. La definizione dei livelli di TRL utilizzata all'interno del programma Horizon 2020 è consultabile su [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014\\_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf)

platooning degli autobus, assistenza agli ingorghi stradali su strade limitate, dedicate e aperte. Mentre, di seguito, la *roadmap* per le autovetture.



27. Percorso di sviluppo della guida automatizzata per i veicoli di mobilità urbana



28. Percorso di sviluppo della guida automatizzata per le autovetture

L'incertezza temporale sulla diffusione dei veicoli autonomi in ambiente urbano risiede proprio nella complessità della città, un ambiente aperto con un numero cospicuo di variabili e fattori di interferenza.

A fronte di quanto discusso, potremmo dire che le prospettive che la città potrebbe essere rivoluzionata con l'introduzione delle *driverless* car sono più vicine di quanto si possa pensare. C'è chi stima un tempo maggiore o minore, ma l'unica certezza è che arriverà, non tanto per cause tecnologiche (attualmente disponibili e che miglioreranno in modo graduale), ma per motivi regolamentari e sociali con la esistente realtà urbana.

## **2.2. Potenziali impatti AV sulla città**

La storia dell'urbanizzazione ha dimostrato che ogni progresso nella tecnologia dei trasporti, dai carri trainati da cavalli al *Maglev*, ha avuto un grande impatto sull'ambiente edificato, sulla forma urbana e sull'organizzazione sociale delle nostre città. I probabili cambiamenti indotti dall'AV sulla città e i loro effetti di rimbalzo sulla mobilità sono tematiche di recente dibattito.

L'introduzione delle tecnologie di guida autonoma altereranno radicalmente e drasticamente il modo di utilizzare e sviluppare lo spazio urbano (Kim K.H. et al., 2015). La loro diffusione costituirà, di fatto, un elemento dirompente non solo per mezzi di trasporto ma anche per l'intero sistema dalla mobilità e della città (Fagnant & Kockelman, 2015; Faisal et al., 2019), toccando svariati aspetti legati alla vivibilità dello spazio urbano.

### **2.2.1 Visioni di trasformazioni urbane**

Negli ultimi anni si stanno sviluppando nuove idee e schemi per fornire una *vision* della città del prossimo futuro. I piani speculativi pensati convergono tutti su alcuni temi chiave, vale a dire la pedonabilità, la diversità dei modi di trasporto e la moltiplicazione dello spazio pubblico.

In tal contesto vengono presentati alcune visioni per la città, in cui i veicoli senza conducente diventano possibili *drivers* per un cambiamento dello spazio urbano. Da quasi tutti i resoconti e stime precedentemente esposte, entro la metà di questo secolo gli AV dovrebbero drasticamente modificare il panorama dei trasporti e della mobilità delle città. Anticipando questi sconvolgimenti, Carlo Ratti propone alcune *vision* per il *Boulevard Périphérique*, la tangenziale di Parigi che definisce efficacemente i confini della città. Nella proposta, le corsie preferenziali per auto vengono convertite in parchi giochi o arredano lo spazio per nuovi edifici residenziali. Altrove, le autostrade suburbane nella regione dell'Île-de-France vengono riproposte per accogliere nuove funzioni legate alla produzione di energia e al pendolarismo più efficiente. Le corsie centrali dell'autostrada A6, ad esempio, possono ospitare serre o pannelli fotovoltaici per generare energia solare, mentre i dati di trasporto in tempo reale possono semplificare il pendolarismo e liberare spazio per l'uso pubblico. Su questa scia realizza un nuovo piano generale per il sito dell'Expo di Milano, trasformandolo in "Parco della Scienza del Sapere e dell'Innovazione", in cui prevede un quartiere pedonale servito solo da veicoli condivisi e autonomi. All'evento *NEXT Design Perspectives* di Milano in autunno 2019, Ratti discute alcuni di questi concetti in relazione a Manhattan,

suggerendo che la città potrebbe funzionare con solo la metà del numero di auto attualmente in circolazione grazie all'uso di veicoli autonomi e incroci intelligenti<sup>34</sup>.



29. *Visione delle autostrade urbane nel 2050, CRA-Carlo Ratti Associati, 2019*



30. *Visione delle autostrade urbane nel 2050, CRA-Carlo Ratti Associati, 2019*

<sup>34</sup> <http://senseable.mit.edu/light-traffic/>



31. Un nuovo piano generale per il sito dell'Expo di Milano prevede un quartiere pedonale servito solo da veicoli condivisi e autonomi. (Carlo Ratti Associati)

Nell'ambito di una collaborazione con Reebok chiamata *Get Pumped*, la società di design globale Gensler prevede un riutilizzo adattivo su larga scala delle stazioni di servizio della nazione, che sarebbero resi superflui dagli AV alimentati dall'elettricità. Piuttosto che partire da zero, i progetti includono e sostengono il riutilizzo adattivo quando possibile, indicando nuovi usi come *pocket park*, piste ciclabili estese e luoghi di ritiro / riconsegna auto. *Get Pumped* immagina spazi proto tipici come *The Oasis*, che offre cibo fresco, capsule per yoga e meditazione e una pista da corsa, e il *Community Corner*, che trasforma un incrocio di traffico in un hub sociale.



32. Gensler

Il piano generale di Snøhetta per la città intelligente per il centro di ricerca e ingegneria di Ford a Dearborn, Michigan, mira a unire edifici, dipendenti e comunità vicine in un unico “ecosistema” Ford. La proposta prevede la densificazione degli edifici e dei lavoratori in un hub centrale del campus unito insieme da “strade viventi” pedonali e una serie di opzioni di trasporto condivise. Tra questi, gli AV circolanti spostano i dipendenti tra le riunioni e i ritiri nel campus lungo un anello principale, sostituendo la grande quantità di spazio attualmente occupata dal parcheggio privato.



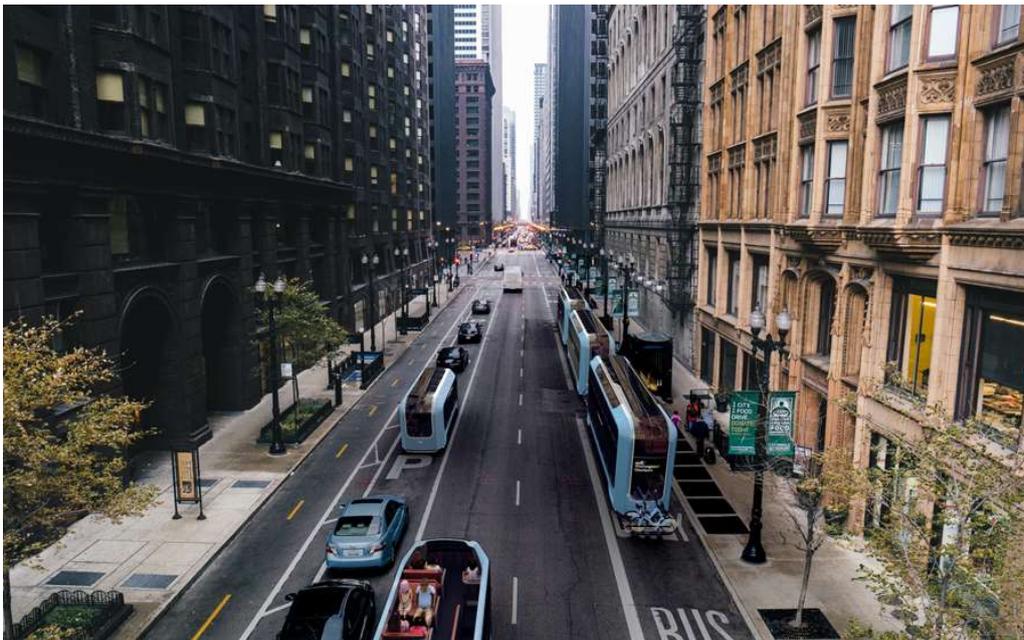
33. Snøhetta and Plomp

Immergendosi sui cambiamenti della superficie stradale, lo studio di architettura americano HOK ha sviluppato diversi moduli per alternative nella città senza conducente (Jencek, Unterreiner, 2018). Una tipica strada a due corsie assegna il 60 per cento della sua larghezza ai veicoli privati (circa la metà per la guida, metà per il parcheggio), con solo il 40 per cento per tutti gli altri usi; questa disparità si estende con strade più ampie e trafficate. Con lo spazio di parcheggio ridotto e lo spazio di guida notevolmente ridotto, ci si domanda come dovrebbero essere riutilizzate le strade. I moduli potevano ospitare una varietà di funzioni, che vanno dal commercio e dalla cultura - che restituirebbero la strada alle sue origini di mercato - alla ricreazione. Toccando quest'ultimo, una vignetta immagina un "bagno nella foresta" nel centro della città, che suggerisce incontri con la natura e la fauna normalmente riservate ai contesti rurali o peri-rurali.



34. HOK studio

SOM pensa che i veicoli autonomi potrebbero cambiare rapidamente il modo in cui le città crescono e si sviluppano. Le strade esistenti potrebbero ospitare nuovi servizi di trasporto ad alta tecnologia, sebbene garantire che questi nuovi sistemi di trasporto portino una crescita equa è una sfida. Il “piano ChicaGO” di SOM immagina come l’edilizia abitativa, l’occupazione, la pianificazione urbana e l’equità potrebbero cambiare in un futuro senza conducente. A livello più tecnico, il progetto prevede una flotta mista di autobus elettrici a due piani e piccole navette che circolerebbero sulle strade di superficie e lungo i binari della *Chicago Transit Authority*; questi potrebbero essere convocati su richiesta o in stazioni pop-up.



35. SOM - transito dei veicoli autonomi

L’implementazione diffusa di veicoli autonomi (AV) si avvicina sulla progettazione urbana di Quayside. Sebbene la tecnologia AV sia nascente, i presentatori di *Sidewalk Labs* includevano uno scenario apparentemente in cui gli AV potevano viaggiare sulla stessa piattaforma del trasporto ferroviario leggero (LRT) di Toronto, eliminando essenzialmente la necessità di strade solo per auto. Ciò libererebbe ampio spazio per marciapiedi e piste ciclabili.



36. Sidewalks Labs - Città di Quayside

Al CES 2020 - *Consumer Electronics Show* - di Las Vegas, il gruppo nipponico della Toyota, ha presentato una nuovo *concept* di *smart city*: *Woven City*. Realizzata in collaborazione con lo studio BIG, la città punterà ad essere un ecosistema urbano basato sull'implementazione di tecnologie, connessa e alimentata da celle a combustibile a idrogeno; un "laboratorio vivente", che arriverà ad ospitare residenti e ricercatori a tempo pieno così da mettere alla prova l'efficienza di sistemi legati agli ambiti di automazione. Il *masterplan* della città prevede tre differenti destinazioni d'uso per le strade: solo per i veicoli più veloci, dedicato a velocità inferiori come mobilità personale e pedoni ed infine per percorsi assimilabili alle passeggiate nei parchi esclusivamente pedonali. Queste tre tipologie di strade si intrecciano a formare una griglia organica che aiuta ad accelerare la verifica dell'autonomia. Per spostare i residenti attraverso la città, solo veicoli completamente autonomi e a emissioni zero saranno consentiti sulle principali vie di comunicazione. A *Woven City* e in tutta la città, gli e-Pallete autonomi Toyota saranno utilizzati per il trasporto e le consegne, così come negozi itineranti.



37-38. TOYOTA WOVEN CITY\_ Toyota&BIG | Bjarke Ingels Group

Sevtsuk e Davis, nel progetto di ricerca *Future of Streets*, studiano come le città potrebbero adattare le strade alla nuova tecnologia di trasporto emergente, in modi che massimizzano i risultati multimodali, socialmente inclusivi e sostenibili dal punto di vista ambientale. Sevtsuk ha affrontato i possibili impatti dei veicoli autonomi sulle strade di Boston e Los Angeles. Per suggerire e illustrare queste potenzialità, Sevtsuk realizza due scenari estremi di “paradiso” e “inferno” di un paesaggio urbano post-AV in ciascuna città. Sulla *Newbury Street* di Boston, Sevtsuk ha mostrato una situazione “paradisiaca” offrendo marciapiedi pedonali estesi, corsie strette per AV, nuovi alberi e vegetazione stradale e piste ciclabili a doppio senso. Lo scenario “infernale”, nel frattempo, ha coinvolto marciapiedi stretti, traffico congestionato, AV in panne e degradante commercio di strada per le strade del centro, vittima di una nuova ondata di espansione incontrollata suburbana. All’incrocio tra Vermont/Santa Monica di Los Angeles, il piano “paradiso” di Sevtsuk includeva sistemi di trasporto pubblico migliorati, zone condivise di ritiro e riconsegna AV, piste ciclabili continue e facciate commerciali attive e vegetazione stradale. Al contrario, il potenziale scenario “infernal” includeva, come in *Newbury Street* di Boston, un’autostrada AV esclusiva soggetta a essere bloccata da AV in panne, un’autostrada sopraelevata per AV privati, drive-indoor (al contrario di drive through) ristoranti così come ringhiere e barriere Jersey per evitare attraversamenti pedonali. Con questi scenari contrastanti di potenziali futuri AV, Sevtsuk vuole suggerire ai responsabili politici, i progettisti e i pianificatori di agire ora per “spingere il futuro verso il paradiso”. Le considerazioni sulle potenziali implicazioni dell’implementazione di AV sono aumentate rapidamente nella letteratura accademica negli ultimi anni, indicando valutazioni sia ottimistiche che pessimistiche.



39. Sevtsuk, visualizzazione delle possibili condizioni "paradisiache" in Newbury Street a Boston, 2018

### ***2.2.2 Come cambia lo spazio della strada e parcheggi***

La rete stradale è uno dei principali usi del suolo di qualsiasi città. Da un lato, lo spiegamento di AV potrebbe portare a centri urbani più densi e di alta qualità, dato che una grande quantità di spazio potrebbe essere liberata a causa della riduzione della domanda di parcheggio, del numero di veicoli circolanti e delle infrastrutture di trasporto a causa di la spaziatatura e il funzionamento più efficienti dei veicoli. I veicoli autonomi richiedono una distanza di avanzamento inferiore e una larghezza della corsia inferiore rispetto ai veicoli convenzionali a causa della loro elevata precisione di guida. In questo modo, gli AV possono migliorare la capacità delle infrastrutture stradali (Parkin et al. 2017), e riducendo lo spazio per la circolazione (Metz, 2018) che per la sosta, in particolare se in condivisione (Zhang et al. 2015).

Le corsie, sia in numero che in spazio, possono essere ridotte, poiché molti AV saranno più stretti, richiederanno meno spazio tra i veicoli e saranno in grado di condividere corsie in direzione opposta, se disponibili (Schlossberg M. et al., 2018).

Nel caso dei veicoli ad uso condiviso e tenendo anche conto della tecnologia di *platooning*<sup>35</sup>, che dovrebbero funzionare con tassi di occupazione relativamente più elevati rispetto alle auto private, l'effetto sulla capacità sarà maggiore in quanto gli AV operino in modo più efficiente nelle reti stradali (ad esempio la distanza ridotta tra veicoli), riducendo "ulteriormente" il numero e la larghezza delle corsie di circolazione (Heinrichs, 2016).

Secondo Friedrich (2016), si potrebbe registrare un aumento di capacità dell'80% sulle autostrade e del 40% sulle strade urbane e si potrebbe ridurre notevolmente il traffico, con la possibilità di diminuire, in tal modo, i livelli di congestione del traffico.

La visione ottimistica di Stead e Vaddadi (2019) prevede che "la qualità dell'ambiente costruito sarà migliorata (ricentralizzazione o rigenerazione di aree interne, ridensificazione, modifiche dell'uso del suolo a nuove aree pubbliche verdi, località residenziali). In questa prospettiva, gli AV sono visti come un modo per promuovere una migliore qualità della vita nelle città".

La liberazione di alcuni spazi pubblici a causa di minori requisiti di capacità stradale costituisce un'opportunità per la pianificazione dell'uso del suolo, soprattutto nelle aree centrali ad alta densità delle città. Questi spazi potrebbero essere rigenerati e trasformati in nuove aree residenziali, centri economici, nuovi quartieri di strutture urbane o spazi verdi pubblici, offrendo opportunità per migliorare gli standard di qualità urbana e la qualità della vita dei cittadini (Milakis, van Arem, van Wee, 2017).

D'altra parte, l'elevata densità di traffico dovuta alla minore distanza di avanzamento e larghezza della corsia può creare problemi per la sicurezza e il comfort di pedoni e ciclisti, soprattutto nelle condizioni di traffico misto (Friedrich, 2016).

---

<sup>35</sup> Il concetto di *platooning* si riferisce ad un gruppo di veicoli che viaggiano in colonna, in modo automatico e sicuro, a breve distanza l'uno dall'altro. Sfruttano le ultime tecnologie in campo di automazione e comunicazione. I camion possono comunicare tra loro al fine di viaggiare in sincronia con la testa del convoglio che svolge il ruolo di leader.

In Europa, le auto private sono parcheggiate per circa il 95% del tempo<sup>36</sup>. Lo spazio di parcheggio su strada rappresenta tipicamente il 20-30% dello spazio stradale urbano (Litman, 2012).

In tal contesto, la distribuzione spaziale dei parcheggi sarebbe una questione importante da considerare, in quanto la capacità degli AV di parcheggiare da soli a distanza dalla destinazione di un viaggio, dopo aver lasciato i propri passeggeri, può portare ad approcci innovativi per l'organizzazione e la gestione dei parcheggi, e quindi una probabile diminuzione di necessità di parcheggiare nei centri urbani, trasformando potenzialmente queste aree del centro città per altre attività, come parchi.

Concentrando i AV in parcheggi in struttura nelle aree periferiche della città si potrebbero liberare grandi spazi nel centro urbano attualmente occupati da veicoli in sosta (Zakharenko, 2016); egli stima che il 97% delle auto usate per pendolarismo andranno a parcheggiarsi durante il giorno in *parking belt* localizzate ai margini delle aree urbane, dato che gli AV potrebbero prendere e lasciare i passeggeri in diversi punti della città e parcheggiare lontano quando non necessario.

I parcheggi lungo la strada potrebbero essere sensibilmente rimossi (parzialmente sostituiti con spazi dedicati per la raccolta/riconsegna) e trasferiti in parcheggi multilivello (Fraedrich, 2018).

Sono previste grandi concentrazioni di parcheggi in zone attrattive dei centri urbani ad alta densità, come zone commerciali e hub della mobilità, o garage collettivi nelle aree residenziali (Alessandrini et al., 2015).

Inoltre, lo spazio di parcheggio potrebbe essere ulteriormente ridotto considerando da un lato: il miglioramento dell'efficienza dell'automazione dei parcheggi, dove parcheggi multipiano potrebbero aumentare la loro capacità fino al 60%, poiché corsie, rampe e spazio per l'apertura delle porte non sarebbero più necessari (Begg, 2014; Heinrichs, 2016); dall'altro Gli AV avranno bisogno di meno spazio all'interno di un parcheggio, poiché sia le manovre di accesso che di parcheggio saranno automatizzate e altamente precise. Ciò consentirà ai parcheggi di servire lo stesso numero di AV su una superficie inferiore rispetto ai parcheggi per veicoli convenzionali, avendo stimato una riduzione di almeno 20 posti auto per ciascun AV condiviso grazie anche alla riduzione dei veicoli (Zhang & Guhathakurta, 2017; Nourinejad et al., 2018). Ciò è particolarmente importante per le aree congestionate con una bassa offerta di parcheggi su strada e un'elevata domanda durante i periodi di punta, come i distretti degli affari commerciali.

La domanda di parcheggio sarà anche fortemente influenzata dal tasso di implementazione di AV condivisi. Le stime di riduzione della domanda di parcheggio variano tra il 67 e il 90% (Milakis, van Arem, van Wee, 2017; Zhang et al., 2015). A tal proposito Dupuis et al. (2015) hanno sostenuto che almeno il 50% dei parcheggi in strada potrebbe essere eliminato, una cifra che sarebbe più alta se i tassi di penetrazione di AV condivisi fossero significativamente alti.

La vicinanza dei parcheggi per AV alla destinazione finale dei viaggi dipende dall'utilizzo degli AV come veicoli privati o condivisi. In caso di AV ad uso condiviso,

---

<sup>36</sup> *Parking Management and Mobility Management*.  
[http://www.epomm.eu/newsletter/v2/content/2015/0615\\_2/doc/eupdate\\_en.pdf](http://www.epomm.eu/newsletter/v2/content/2015/0615_2/doc/eupdate_en.pdf)

il passeggero può utilizzare il veicolo disponibile più vicino, consentendo una maggiore flessibilità nell'assegnazione dei posti auto. D'altra parte, nella pianificazione per l'assegnazione dei parcheggi, dovrebbero essere considerati anche i chilometri "a vuoto" percorsi dagli AV, cioè la distanza percorsa dagli AV senza passeggeri (Bosch et al., 2018). Pertanto, si dovrebbero valutare i vantaggi della riorganizzazione del sistema di parcheggio della città e le opportunità di liberare spazio intorno a destinazioni altamente attraenti contro le esternalità dei chilometri "vuoti" percorsi dai veicoli non occupati. La possibilità di far circolare veicoli senza conducente per cercare parcheggio o per raggiungere aree di parcheggio fuori dal centro urbano, potrebbe generare un aumento complessivo dei km percorsi, con incrementi che variano sensibilmente in ragione di fattori quali il contesto territoriale, il livello di autonomia e la diffusione dello *sharing* (Soteropulos et al. 2019); è stato stimato che i veicoli circolanti senza persone a bordo implicheranno un aumento del'8% dei km percorsi (Fagnant & Kocklman, 2015).

La prospettiva pessimistica evidenziata da Stead e Vaddadi (2019) sostiene che le politiche di parcheggio rimarranno come sono (cioè, gli AV useranno spazi di parcheggio su strada) e una crescita della proprietà e dell'utilizzo di AV porterà ad un aumento della domanda di parcheggi in città; nella città saranno creati un gran numero di punti di raccolta/consegna che si aggiungono alla quantità di spazio assegnato ai veicoli.

Infine gli AV renderanno obsoleti altri usi del suolo, come le stazioni di servizio. Gli AV sono veicoli elettrici e vengono caricati presso le stazioni di ricarica situate nei parcheggi o lungo le strade. Ci sarà, quindi, una necessità in rapida diminuzione di distributori di benzina con l'aumento dei punti di ricarica di AV elettrici per le strade (Christie D. et al., 2016). Queste posizioni delle stazioni di servizio possono trasformarsi in altri usi del suolo per servire i loro quartieri.

### **2.2.3. Traffico, accessibilità e localizzazione**

Appare evidente che la rilevanza e la quantità di spazi liberi, e più in generale l'impatto di questi cambiamenti saranno direttamente influenzate in larga misura dall'uso degli AV come veicoli di proprietà privata, veicoli ad uso condiviso, veicoli per il trasporto pubblico o una combinazione delle categorie precedenti (Meyer et al., 2017). La condivisione di un veicolo o la condivisione di un viaggio, influenza in modo significativo le stime di impatto. Incoraggiare servizi di condivisione e pratiche MaaS rispetto alla mobilità motorizzata privata, quindi favorire il passaggio a veicoli autonomi condivisi piuttosto che AV di proprietà privata, aumenterebbe la possibilità di usufruire dei benefici derivanti dall'innovativa forma di mobilità (Milakis et al., 2018; Zhang et al. 2015)

Fulton et al. (2017) hanno stimato il numero totale di veicoli circolanti nel caso ipotetico che tutte le auto convenzionali sarebbero state sostituite da AV privati e flotte AV condivise. Le loro stime suggerivano un totale di 2,1 miliardi di AV privati entro il 2050 rispetto a 0,5 miliardi di AV condivisi entro la stessa data.

L'International Transport Forum (2015) stima una riduzione del numero dei veicoli necessari dell'83%, che arriverebbe fino al 90% se oltre al *car sharing* si praticasse

anche la condivisione degli spostamenti (*ride sharing*), insieme ad un trasporto pubblico ad alta capacità.

Chiaramente, la disponibilità a condividere i veicoli dipende molto dal tipo di insediamento. I comportamenti e le preferenze di mobilità differiscono notevolmente tra i residenti delle aree metropolitane, urbane, suburbane e rurali. Alessandrini et al. (2015) hanno raffigurato una città futura in cui le persone nelle aree centrali avrebbero scelto il trasporto condiviso fino al 90% dei loro viaggi, in circa il 70% nelle periferie interne e nel 50% nelle periferie, integrando un sistema di trasporto pubblico ad alta tecnologia.

Le auto senza conducente possono aumentare la disponibilità di servizi di trasporto su strada fornendo mobilità a gruppi di persone che non possono guidare auto convenzionali, come disabili, anziani e viaggiatori minorenni (Milakis, Kroesen & e van Wee, 2018; Papa e Ferreira, 2018). In tal senso il traffico potrebbe aumentare anche seguito della generazione di nuova domanda di mobilità, proprio da parte dei suddetti gruppi sociali che ora hanno un accesso limitato all'auto.

Gli AV hanno la capacità di incidere sulla qualità dei servizi di trasporto riducendo gli incidenti causati da errori umani (Winkle, 2016) e rendendo i viaggi più confortevoli ed efficienti grazie a una frenata più regolare e ad una regolazione più precisa della velocità (ITF, 2018). Contestualmente possono generarsi possibili conflitti tra gli AV e altri utenti della strada, pedoni ciclisti e utenti deboli (Millard-Ball, 2018; Parkin et al. 2017; Botello et al. 2019), specie in uno scenario di *shared space*.

L'impatto sulla congestione dovrebbe essere maggiore durante il periodo di coesistenza di AV con veicoli convenzionali e parzialmente autonomi, pedoni, biciclette, scooter elettrici e altre modalità di "mobilità leggera" in ambienti urbani densi (Metz, 2018). Ciò è dovuto alle diverse caratteristiche delle modalità e alle diverse scelte di viaggio individuali dei propri utenti.

Il comfort, la possibilità di svolgere attività ricreative o lavorative durante gli spostamenti parcheggi pilotati e spostamenti più rapidi dovuti anche al *platooning*, influenzerebbe, riducendoli, il valore del tempo e il costo percepito dagli utenti e aumenterebbe le distanze medie di pendolarismo (Heinrichs & Cyganski, 2015).

Tale condizione comporterebbe un aumento fino al 26% delle miglia percorse dai veicoli (*vehicle miles traveled* - VMT) dopo un'adozione del 90% degli AV (Fagnant e Kockelman (2015); per i Paesi Bassi, Milakis et al. (2017), hanno riportato un aumento del VMT compreso tra l'1 e il 23% entro il 2030 e tra il 10 e il 71% entro il 2050, e l'aumento del 5-20% previsto da diverse organizzazioni di pianificazione dei trasporti regionali degli Stati Uniti (Guerra, 2016).

Col presupposto che il guidatore sarà egli stesso un passeggero, è possibile che si inneschino nuovi processi di dispersione insediativa, in cui la distanza tra il luogo di residenza e quello del lavoro non rappresenti più un vincolo (Zhang & Guhathakurta, 2018), portando a favorire processi tentacolari (Zakharenko, 2016).

## **2.3. Strategie politiche, normative e sviluppo urbano sostenibile**

### **2.3.1 Il contesto europeo**

A livello politico, vale la pena menzionare la crescente prevalenza dei dialoghi AV sulle agende intergovernative. Nel settembre 2015, i ministri dei trasporti del G7 e il commissario europeo per i trasporti hanno firmato la *Declaration on Automated and Connected Driving* (G7, 2015), sottolineando la necessità di armonizzare il quadro normativo attorno a questa tecnologia e di lavorare insieme per coordinare le ricerche, adattare le normative tecnologiche e migliorare la protezione dei dati e la sicurezza informatica. Nel 2016, i ministri dei trasporti del G7 hanno istituito il gruppo di lavoro “Karuizaw” per studiare questioni quali “interfaccia uomo-macchina, infrastruttura e accettazione sociale” degli AV e utilizzare questi risultati per guidare lo sviluppo di regolamenti armonizzati (G7, 2016). Nel 2017 i Ministri hanno rafforzato la necessità di rafforzare la cooperazione normativa internazionale in temi quali l’attribuzione della responsabilità e le implicazioni etiche, in particolare “le scelte etiche che i veicoli autonomi dovrebbero fare in situazioni di emergenza”. Lo spazio stradale è un’area altamente regolamentata in quanto comporta enormi rischi per tutti gli utenti del traffico negli spazi pubblici. L’automazione dei veicoli modifica i rischi di guida sotto molti aspetti e quindi richiede una valutazione di tutta la regolamentazione relativa al traffico e ai veicoli.

Dal 2001, l’UE promuove lo sviluppo sostenibile come sviluppo equilibrato che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni. Lo sviluppo sostenibile si basa su tre pilastri, ovvero sociale, economico e ambientale (COM, 2001). Recentemente, l’UE si è impegnata a rafforzare i suoi sforzi per raggiungere obiettivi specifici di sviluppo sostenibile sia a livello interno, con l’Unione dell’energia (COM, 2015), sia a livello globale, con il suo continuo contributo agli obiettivi dell’accordo di Parigi e agli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs).

I principi dello sviluppo sostenibile sono evidenti nelle priorità delle politiche settoriali dell’UE, compresa la politica dei trasporti. Uno di questi principi fa riferimento al contributo dell’innovazione tecnologica alla promozione della sostenibilità. Una parte della strategia Europa 2020, sviluppata nel 2010 per promuovere una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, riconosce il significativo impatto del trasporto urbano sulla congestione e sulle emissioni (COM, 2010).

I Libri bianchi sui trasporti (2001; 2011) e il Libro verde sulla mobilità urbana (2007) sottolineano l’importanza di sfruttare pienamente le soluzioni digitali intelligenti e i sistemi di trasporto intelligenti (ITS) e cogliere le opportunità presentate dalle nuove tecnologie di mobilità connessa, cooperativa e automatizzata per il raggiungimento della mobilità sostenibile nelle città europee, migliorare profondamente il funzionamento dell’intero sistema dei trasporti e contribuire al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità e sicurezza. OMS (2018) ha registrato 1,35 milioni di morti annualmente per incidenti stradali (ottava causa di morte in tutte le fasce d’età a livello globale). A livello europeo circa 22.800 persone morte in un incidente stradale (stima preliminare

per il 2019)<sup>37</sup>. L'errore umano è un fattore importante in oltre il 90% degli incidenti stradali<sup>38</sup>, la mobilità connessa e automatizzata ha un grande potenziale per migliorare drasticamente la sicurezza del sistema di trasporto stradale e contribuire ad avvicinarsi alla *Vision Zero* come già stato dichiarato come obiettivo nel Libro bianco sui trasporti del 2011, con cui si intende raggiungere zero vittime sulle strade europee entro il 2050 e di dimezzare le vittime della strada entro il 2020, una potenzialità poi confermata anche nel 3° pacchetto sulla mobilità (COM, 2018a).

Nell'aprile 2016, gli Stati membri dell'UE hanno firmato la *Dichiarazione di Amsterdam sulla cooperazione nel campo della guida connessa e automatizzata*<sup>39</sup>, con cui si impegnano a lavorare verso un approccio più coordinato che consenta l'introduzione della guida interoperabile connessa e automatizzata sulle strade europee. La "Dichiarazione" sostiene l'adozione di un approccio "apprendere per esperienza", "includendo, ove possibile, la cooperazione transfrontaliera, la condivisione e l'ampliamento delle conoscenze sulla guida connessa e automatizzata".

La Commissione ha già adottato misure di promozione delle infrastrutture e servizi per la connettività a sostegno dei veicoli automatizzati. Ad esempio, la strategia riguardante la quinta generazione delle reti di comunicazione, con cui l'UE deve garantire il massimo livello di prestazioni dell'infrastruttura digitale, in particolare attraverso il 5G, offrendo in tal modo un'ampia gamma di servizi e aiutando a raggiungere livelli più elevati di automazione in diverse applicazioni di mobilità (COM, 2016a).

A tal proposito, qualche anno prima, nell'ottica di ottimizzare e migliorare l'efficienza del sistema dei trasporti e della mobilità sfruttando le potenzialità delle infrastrutture fisiche esistenti, e di stabilire una connessione "veicoli e infrastruttura stradale", già la Direttiva 2010/40/UE aveva introdotto gli ITS, contenente standard e specifiche comuni in tutto il territorio dell'UE. L'utilizzo dei sistemi intelligenti finora realizzati in tutto il mondo, sia a livello urbano che extraurbano, ha permesso di valutare, in modo tangibile, i benefici apportati dagli ITS in diversi Paesi, sia negli Stati Uniti che in Europa, quali:

- Riduzione dei tempi di spostamento nell'ordine del 20%;
- Aumenti della capacità della rete del 5÷10%;
- Diminuzione del numero di incidenti del 10÷15%;
- Diminuzione delle congestioni del 15%;
- Riduzione delle emissioni inquinanti del 10%;
- Riduzione dei consumi energetici del 12%.

Affinché gli ITS svolgano un ruolo determinante per un uso più efficiente delle infrastrutture, dei veicoli e delle piattaforme logistiche, le infrastrutture fisiche stradali devono subire un processo di *digital transformation* e dotarsi di tecnologie in grado di supportare i processi di scambio delle informazioni, tra i diversi attori dei sistemi di trasporto.

---

37 [https://ec.europa.eu/transport/media/news/2020-06-11-road-safety-statistics-2019\\_en](https://ec.europa.eu/transport/media/news/2020-06-11-road-safety-statistics-2019_en)

38 Relazione della Commissione "Salvare vite umane: migliorare la sicurezza dei veicoli nell'UE", COM (2016) 787 (distrazione alla guida, mancato rispetto della precedenza, velocità troppo elevata, l'inosservanza della segnaletica, il mancato utilizzo di dispositivi di sicurezza a bordo e l'uso del telefono cellulare alla guida, guida in stato di ebbrezza).

39 Declaration of Amsterdam on cooperation in the field of connected and automated driving (14-15 aprile 2016)

In tale direzione, la Commissione europea (2016b) ha pubblicato la comunicazione sul *Cooperative Intelligent Transport System*<sup>40</sup> (C-ITS), descritto quale “importante pietra miliare nella creazione di una strategia europea per lo spiegamento di veicoli cooperativi, connessi e automatizzati”, come richiesto nella Dichiarazione di Amsterdam. La strategia mira a “garantire sinergie e coerenza tra iniziative in corso e future” in merito all’implementazione di AV<sup>41</sup>. La distribuzione dei C-ITS consentirà agli utenti della strada e ai gestori del traffico di condividere informazioni e utilizzarle per coordinare le loro azioni in tempo reale al fine di incrementare la sicurezza stradale, ottimizzare la gestione del traffico e migliorare il comfort alla guida, grazie alla connettività digitale tra veicoli (V2V – *vehicle to vehicle*) e tra veicoli e infrastrutture di trasporto (V2I - *vehicle to infrastructure*) e più in generale con tutti (V2X - *vehicle to everything*).

La condizione di “connettività” è requisito fondamentale per aumentare la sicurezza dei futuri veicoli automatizzati e la loro piena integrazione nel sistema di trasporto globale. Cooperazione, connettività e automazione non sono solo tecnologie complementari ma si rafforzano a vicenda e nel tempo si fonderanno completamente. Sebbene i veicoli automatizzati non debbano essere necessariamente connessi e i veicoli connessi non richiedano automazione, è sostenuto che, nel breve e medio termine, la connettività rappresenterà un elemento determinante per i veicoli autonomi, per integrarli all’interno del sistema generale dei trasporti (Carrarini, 2020).

La Commissione segue, dunque, un approccio integrato tra automazione e connettività nei veicoli. Quando i veicoli diventeranno sempre più connessi e automatizzati, essi saranno in grado di coordinare le manovre tramite il supporto delle infrastrutture attive e l’impiego di un sistema di gestione del traffico realmente intelligente per ottenere flussi più scorrevoli e sicuri<sup>42</sup>.

Con la strategia “Verso la mobilità automatizzata: una strategia dell’UE per la mobilità del futuro” (COM, 2018b), la CE propone un approccio globale dell’UE per l’attuazione della mobilità connessa e automatizzata. Tale agenda fornisce una visione comune e propone una serie completa di misure da attuare nei prossimi anni per:

- 1) sviluppare le tecnologie e le infrastrutture necessarie in Europa;
- 2) garantire che la mobilità automatizzata sia sicura;
- 3) far fronte a questioni sociali come posti di lavoro, competenze e etica.

L’ambizione è “fare dell’Europa un leader mondiale per la diffusione della mobilità connessa e automatizzata, dirigendosi verso un cambiamento radicale in Europa nella

---

<sup>40</sup> In materia in data 13 marzo 2019 la Commissione Europea ha adottato delle nuove regole volte a intensificare lo sviluppo dei sistemi di trasporto intelligenti cooperativi; ([http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-19-1648\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-19-1648_en.htm))

<sup>41</sup> Nel 2016 gli Stati membri e la Commissione hanno lanciato la piattaforma C-Roads per collegare le attività di spiegamento di C-ITS, sviluppare e condividere congiuntamente le specifiche tecniche e verificare l’interoperabilità attraverso test tra siti. Tutti i membri della piattaforma C-ITS ritengono che l’obiettivo finale sia la piena convergenza di tutti gli sviluppi nell’ambito della mobilità cooperativa, connessa e automatizzata (CCAM), avvalendosi della digitalizzazione dei trasporti.

<sup>42</sup> Alcuni studi hanno dimostrato in termini quantitativi che l’automazione senza connettività potrebbe causare il deterioramento delle condizioni del traffico: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/connected-and-automated-vehicles-freeway-scenario-effect-traffic-congestion-and-network-capacity>

riduzione degli incidenti stradali, nella riduzione delle emissioni nocive dai trasporti e nella riduzione della congestione”. Nella comunicazione si sottolinea il potenziale contributo dei AV alla pianificazione urbana grazie alla loro capacità di promuovere la mobilità condivisa e di liberare lo spazio pubblico.

Successivamente, la Commissione europea annuncia come una delle priorità da perseguire il *Green Deal europeo* (COM, 2019)<sup>43</sup>, un pacchetto strategico completo e ambizioso affinché l’Europa diventi il primo continente climaticamente neutro entro il 2050, mentre chiedeva “Un’Europa adatta all’era digitale” come strategia complementare<sup>44</sup>. Tra le politiche sostenute per *accelerare la transizione verso una mobilità sostenibile e intelligente* viene riconosciuto un ruolo sempre più importante alla *mobilità multimodale automatizzata e connessa*, insieme ai sistemi intelligenti di gestione del traffico resi possibili dalla digitalizzazione. Il sistema e l’infrastruttura dei trasporti dell’UE dovranno resi idonei a sostenere nuovi servizi di mobilità sostenibile in grado di ridurre il traffico e l’inquinamento, in particolare nelle aree urbane. Per la mobilità, dunque, ciò include sfruttare la digitalizzazione dei trasporti con sistemi di mobilità intelligenti e automatizzati nel perseguire gli ambiziosi obiettivi di sostenibilità del *Green Deal europeo*.

Possiamo quindi affermare che sia *Vision Zero* che il *Green Deal europeo* si riflettono negli impatti previsti dall’implementazioni della mobilità autonoma e connessa per migliorare drasticamente la sicurezza e la protezione del sistema di trasporto e soddisfare le esigenze di mobilità della società, riducendo gli impatti ambientali e rafforzando l’economia europea.

Di recente, gli impatti positivi previsti per la società dall’implementazione di AV sono stati riconosciuti all’interno dell’“Agenda Strategica per la Ricerca e l’Innovazione” (SRIA)<sup>45</sup> che sostiene il partenariato europeo sulla CCAM (*Connected, Cooperative and Automated Mobility*), nell’ambito di *Horizon Europe*. Il programma di partnership si basa fortemente sull’integrazione della mobilità CCAM condivisa e individuale per persone e merci con le reti di trasporto esistenti.

Con tali impatti, secondo SRIA (2020) la CCAM contribuirà agli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (SDG), in particolare per:

- *SDG 3 (Garantire vite sane e promuovere il benessere per tutti a tutte le età)* es. fornendo una mobilità più sicura, più sostenibile ed efficiente contribuendo così a ridurre il numero di decessi per incidenti stradali e riducendo le emissioni automobilistiche per migliorare la qualità dell’aria e la salute
- *SDG 9 (costruire infrastrutture resilienti, promuovere l’industrializzazione inclusiva e sostenibile e promuovere l’innovazione)*, ad es. finanziando la ricerca e l’innovazione seguendo un’agenda strategica per un impatto economico significativo, fornendo opportunità per nuovi prodotti e servizi in

---

<sup>43</sup> È parte integrante della strategia della Commissione per attuare l’Agenda 2030 e gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

<sup>44</sup> Six Commission priorities for 2019-24, [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024_en)

<sup>45</sup> Per la redazione dell’agenda, il gruppo di lavoro di consulenza e supporto alla CE, ha utilizzato input da diverse altre roadmap multi - stakeholder esistenti, quali il rapporto Roadmap STRIA 2019 e la Roadmap CAD ERTRAC 2019.

un settore della massima importanza per la futura competitività dell'industria europea dei trasporti;

- *SDG 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili)* es. fornendo sistemi di trasporto sicuri, economici, accessibili e sostenibili per tutte le persone, comprese le persone in situazioni vulnerabili, e riducendo drasticamente il numero di incidenti causati da errori umani e aumentando così la sicurezza per tutti gli utenti della strada, compresi quelli non protetti;
- *SDG 13 (intraprendere azioni urgenti per combattere il cambiamento climatico e i suoi impatti)* ad es. ottimizzando l'utilizzo della capacità dell'infrastruttura, riducendo la congestione, facilitando il flusso del traffico, evitando viaggi non necessari e riducendo così le emissioni di CO2.

Al contesto europeo sopra descritto, oggi la recente pandemia Covid-19 ha ulteriormente influenzato il sistema della mobilità e dei trasporti, rivoluzionando il nostro modo di vivere le città e facendo emergere questioni fondamentali sul suo ruolo futuro per lo sviluppo urbano. Una paura da contagio che ha portato al cambiamento di molti aspetti della nostra vita e ad un nuovo approccio alla mobilità, accelerando verso i paradigmi di mobilità europei che, come abbiamo visto, erano già in una fase di transizione; un fenomeno pandemico che, tuttavia, non deve essere interpretato come un problema, anzi di un'opportunità per accelerare e creare nuovi scenari positivi.

Paradigmi di mobilità, dunque, che risultano principalmente legati a due parametri: la transizione ecologica e la transizione digitale. Ed è proprio verso questo scenario che si muove il recente *Next Generation EU* (NGEU), uno strumento europeo formulato in risposta alla crisi pandemica di Covid-19, che prevede investimenti e riforme per accelerare la transizione ecologica e digitale, ma anche per migliorare la formazione delle lavoratrici e dei lavoratori, conseguire una maggiore equità di genere, territoriale e generazionale, attraverso principalmente il *Recovery and Resilience Facility* (RRF)<sup>46</sup>, uno strumento di sostegno del NGEU della durata di 6 anni con una dimensione totale pari a 672,5 miliardi di euro per sostenere le riforme e gli investimenti effettuati dagli Stati membri.

L'impegno di tali risorse ha l'obiettivo di attenuare l'impatto economico e sociale della pandemia e di rendere le economie e le società dei paesi europei più sostenibili, resilienti e preparate alle opportunità messe in atto dalla transizione ecologica e di quella digitale. A tal proposito ogni Stato membro ha presentato, entro il mese di aprile 2021, i propri progetti di riforma strutturali sotto forma di *Recovery Plan*. Ogni Paese ha declinato il proprio *Recovery Plan* attraverso specifiche iniziative con relativi capitoli di spesa, in cui una delle sfide più importanti che lo animano è, come è noto, il processo di digitalizzazione in vari settori (anche la PA), in particolar modo nelle infrastrutture stradali e mobilità.

---

<sup>46</sup> Regolamento (UE) 2021/241 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2021 che istituisce il Dispositivo per la Ripresa e la Resilienza (in sigla RRF), Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 18.2.2021. Al RRF si aggiunge anche il REACT EU concepito in un'ottica di più breve termine (2021-2022) per aiutare gli Stati membri nella fase iniziale di rilancio delle loro economie.

La pandemia di Covid-19 ha fatto luce sulle vulnerabilità del mercato unico europeo e, in particolare, di uno dei settori più importanti per l'economia dell'UE, ossia quello dei trasporti, fortemente penalizzato dalle misure restrittive della mobilità che nel corso dell'ultimo anno si sono rese necessarie per il contenimento dei contagi.

In questo contesto, alla fine del 2020 la CE ha emanato la sua *Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente* (COM, 2020), un documento programmatico che stabilisce le azioni necessarie affinché ogni modalità di trasporto possa contribuire alla realizzazione degli obiettivi fissati dal *Green Deal* europeo: ridurre le emissioni di gas serra del 55% entro il 2030 e rendere l'Europa la prima regione al mondo climaticamente neutrale entro il 2050.

Il documento stabilisce un piano d'azione strutturato intorno a dieci *iniziative faro*, con obiettivi intermedi fissati tra 10, 15 e 30 anni, e un piano d'azione per indirizzare in modo risoluto i trasporti europei verso gli obiettivi di mobilità sostenibile, intelligente e resiliente. A tal proposito, l'implementazione della mobilità automatizzata su larga scala per il 2030 viene identificata come una delle tappe fondamentali; da qui, la sesta iniziativa "faro" della strategia: *trasformare in realtà la mobilità multimodale, connessa e automatizzata*.

Nonostante gli impatti e benefici attesi, c'è ancora una domanda abbastanza limitata di tali soluzioni nella società. Per avanzare verso una diffusione su scala più ampia è necessario affrontare e risolvere una moltitudine di sfide complesse a livello sociale, umano, tecnico, normativo, economico e operativo. I servizi previsti devono essere ben integrati con la pianificazione urbana e l'economia urbana, con modelli di governance appropriati al fine di garantire un alto grado di accettazione tra tutte le parti interessate. Alla luce del quadro finora descritto, le città sono e devono quindi rimanere in prima linea nella transizione verso una maggiore sostenibilità, mettendo in atto i propri piani di mobilità urbana sostenibile entro il 2030 alla luce delle future tendenze legate alle tecnologie emergenti. L'importante ruolo della guida connessa e automatizzata è recentemente emersa anche all'interno dei processi per la redazione dei PUMS.

Difatti, in quest'ottica, si muove la seconda edizione delle linee guida europee per lo sviluppo e l'attuazione del Piano della Mobilità Urbana Sostenibile (ELTIS, 2019), recentemente pubblicate; si sottolinea come i benefici che porterà la tecnologia non dipendano dagli sviluppi tecnici in sé, ma da come sarà gestita la fase di transizione. L'innovativa forma di mobilità dovrà considerare tutti i sistemi di trasporto, sia privato che pubblico, sia ciclabile che pedonale, evidenziando la necessità di integrarsi all'interno del più ampio sistema di mobilità esistente. In particolare viene sottolineato il ruolo del TPL, come soluzione per rispondere agli alti tassi di domanda di mobilità tipici delle aree urbane. Inoltre si evidenzia il ruolo chiave della PA nella fase di transizione, e suggerisce di intervenire attivamente e celermente per preparare la città alla mobilità del futuro al fine di avere una chiara visione della città sulla diffusione della mobilità autonoma. Il documento riconosce che, finora, non ci sono piani strategici in Europa che affrontino adeguatamente gli AV e il loro impatto, richiedendo quindi approcci preventivi e proattivi nei PUMS, con l'obiettivo finale di dare priorità alla vivibilità urbana.

### 2.3.2 Il contesto italiano

In Italia una prima attuazione degli ITS, finalizzata a promuovere una mobilità sostenibile, è stata effettuata all'interno del PGTL del 2001 e successivamente nelle Linee Guida del Piano della Mobilità del 2007. La Direttiva 2010/40/UE viene recepita all'interno del contesto normativo italiano con la Legge n. 221 del 2012, la quale stabilisce i requisiti per la diffusione, la progettazione e la realizzazione degli ITS, adottati dal MIT il 1° febbraio 2013 con il Decreto per la Diffusione dei ITS. Il Decreto Interministeriale 446 del 2014 individua nel MIT l'organo nazionale deputato all'adozione del "Piano nazionale per lo sviluppo dei sistemi ITS", avvenuta il 12 febbraio 2014.

A partire dal 2016, con il documento "*Connettere l'Italia - Strategie per le infrastrutture di trasporto e logistica*" (All. DEF, 2016), il MIT avvia un processo di riforma della pianificazione e della programmazione delle infrastrutture in Italia, partendo dalla definizione degli obiettivi, delle strategie e delle linee d'Azione per proseguire nelle riforme strutturali del settore, e realizzare le politiche necessarie per l'implementazione della "Visione del Sistema dei Trasporti e delle Infrastrutture al 2030"<sup>47</sup>, rappresentando il quadro di riferimento per il successivo sviluppo delle politiche dei trasporti. Qui emerge come l'insufficiente ricorso all'uso delle nuove tecnologie ed alla digitalizzazione rappresenta una consistente criticità delle infrastrutture stradali italiane, in contrasto con il processo di *digital transformation* che si stava registrando in tutti i settori a livello globale e che rappresenta un fattore determinante per la crescita sostenibile, intelligente ed inclusiva.

In tal contesto, il processo di *digital transformation* si articola in coerenza con gli indirizzi e le azioni di alcune delle strategie definite nell'allegato Infrastrutture al Def 2016, in particolare con:

- la valorizzazione ed il miglioramento del patrimonio infrastrutturale esistente;
- la realizzazione di infrastrutture utili e l'adeguamento tecnologico della rete viaria nazionale, con l'obiettivo di renderla idonea a dialogare con i veicoli connessi di nuova generazione, migliorare e snellire il traffico e ridurre l'incidentalità stradale.

All'interno del processo di *digital transformation*- tra le linee d'azione per l'efficientamento e potenziamento tecnologico delle infrastrutture (strade e autostrade) – il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti lancia l'iniziativa *Smart Road*.

L'iniziativa *Smart Road* vuole contribuire ad introdurre gli ITS nel panorama nazionale, creando un sistema tecnologico favorevole all'interoperabilità tra infrastrutture e veicoli di nuova generazione (autonomi), all'adeguamento e realizzazione delle infrastrutture per le nuove modalità di trasporto ed alla realizzazione di servizi innovativi per gli utenti e i gestori di infrastrutture, nell'ottica di incrementare i livelli di sicurezza.

L'iniziativa nasce dal presupposto che la valorizzazione delle strade attraverso l'utilizzo delle tecnologie digitali rappresenti non solo un doveroso adeguamento alla tendenza in atto a livello europeo e globale ma anche un'incredibile opportunità per il contributo

---

<sup>47</sup> L'orizzonte temporale si ricollega alle tempistiche previste dal Regolamento (UE) n. 1315/2013 per il completamento delle reti europee del TEN-T, modificato dal Regolamento Delegato (UE) n.849/2017)

che la *digital transformation* può offrire in termini di abilitazione della interoperabilità con i futuri veicoli connessi e autonomi e di miglioramento della sicurezza stradale e dell'efficienza della mobilità, nonché degli stessi processi di gestione dell'opera nel tempo.

Il processo di *digital transformation* verso le “strade intelligenti” avviene altresì in piena sintonia con i processi di governo e gestione dell'innovazione del settore in atto in Europa, con particolare riferimento alla Piattaforma europea C-ITS e alla iniziativa GEAR 2030. Tale processo, infatti, si intesse profondamente con gli sviluppi in atto nel settore della cooperazione tra veicoli ed infrastrutture di trasporto e nello sviluppo di soluzioni di guida connessa e a crescenti livelli di automazione.

Con il documento “*Strategie per una nuova politica della mobilità in Italia*”, nel secondo pilastro “Digitalizzazione e Innovazione”, viene riaffermata l'importanza del processo di “trasformazione digitale del settore delle infrastrutture, dei trasporti e della mobilità come fenomeno ineludibile” (All. DEF, 2019), dove “i nuovi servizi della mobilità devono essere disegnati per operare come una parte integrata del sistema dei trasporti combinando mobilità pubblica, privata e intermodale, e i dati ad essi relativi devono essere condivisi dove è opportuno per migliorare scelte e processi del sistema di trasporto”. In tema di digitalizzazione e ammodernamento tecnologico dell'infrastruttura esistente, nella volontà politica italiana rimane salda la volontà di puntare a creare infrastrutture stradali dotate di piattaforme di osservazione, monitoraggio e previsione del traffico con una sinergia tra infrastrutture digitali e i veicoli “intelligenti” di nuova generazione. Nel pacchetto tematico “Servizi di mobilità innovativi” viene fissato un'importante intervento: “la sperimentazione dei veicoli guida autonoma”, puntando alla promozione, coordinamento e monitoraggio delle iniziative di test su strade pubbliche e supporto agli operatori coinvolti.

Oggi, nell'era post covid-19, partendo dalla definizione degli obiettivi che tracciano la *vision* di medio-lungo periodo nel *Recovery Fund* del *Next Generation EU*, l'azione di rilancio del nostro Paese delineata dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)<sup>48</sup>, è guidata da obiettivi di *policy* e interventi connessi ai tre assi strategici condivisi a livello europeo: digitalizzazione e innovazione, transizione ecologica e inclusione sociale. Queste priorità assumono, per l'Italia, un ruolo cruciale, perché indicano i nodi da sciogliere per costruire un “tempo nuovo” dell'economia e della società italiane, tracciando le sfide del futuro che debbono guidare la direzione e la qualità dello sviluppo. Il Piano consente di fare i conti con la radicalità delle trasformazioni imposte dalla duplice transizione ecologica e digitale, per le quali sono state allocate rispettivamente il 40% e il 27% delle risorse del RRF.

Delle 6 Missioni individuate nel Piano<sup>49</sup>, ben 4 interessano progetti e riforme che afferiscono al Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili (MIMS) e

---

<sup>48</sup> Approvato dalla Commissione Europea il 22 giugno; 2021COM (2021) 344 – “Proposta di DECISIONE DI ESECUZIONE DEL CONSIGLIO relativa all'approvazione della valutazione del piano per la ripresa e la resilienza dell'Italia”.

<sup>49</sup> Il PNRR è articolato in sedici componenti, raggruppate in 6 Missioni:

1. Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo;
2. Rivoluzione verde e transizione ecologica;
3. Infrastrutture per una mobilità sostenibile;

contribuiscono allo sviluppo sostenibile: digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo; rivoluzione verde e transizione ecologica; infrastrutture per una mobilità sostenibile; inclusione e coesione.

Il Governo italiano ha fatto convergere la politica nazionale delle infrastrutture e dei trasporti verso una serie di risorse affinché all'interno delle missioni previste ci sia quella della *digitalizzazione* che trasversalmente attraversa tutte le modalità di trasporto e di organizzazione dei trasporti, implicando contestualmente anche il Ministero per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale (MITD).

La priorità italiana è recuperare il profondo divario digitale nelle infrastrutture e nella cultura. Su questa linea, un obiettivo è garantire entro il 2030 la piena copertura 5G delle aree popolate, così come stabilito dalla nuova strategia europea *Digital Compass* (COM, 2021). Quindi accelerare lo sviluppo e la diffusione dell'infrastruttura di connessione ultraveloce 5G, per abilitare lo sviluppo di servizi a supporto della sicurezza stradale, della mobilità, della logistica e del turismo.

Digitalizzazione e innovazione sono la premessa e l'accompagnamento del secondo asse del Piano, la *transizione ecologica*. A fronte di progressi significativi negli ultimi 15 anni in termini di diminuzione di gas serra, con le emissioni pro capite di gas climalteranti, inferiori alla media UE, l'Italia presenta ancora notevoli ritardi e vulnerabilità, presentando il numero di autovetture ogni mille abitanti più alto tra i principali Paesi europei e una delle flotte di autoveicoli più vecchie dell'Europa occidentale. Nella componente "transizione energetica e mobilità sostenibile", una specifica linea d'azione è rivolta allo sviluppo di un trasporto locale più sostenibile attraverso il potenziamento delle infrastrutture per il trasporto rapido di massa e delle ciclovie e ad un imponente rinnovamento del parco circolante di mezzi a basso impatto ambientale per il trasporto pubblico locale, in particolare veicoli elettrici.

A questi si aggiunge il potenziamento e digitalizzazione delle infrastrutture di rete elettrica, con ulteriori interventi finalizzati ad aumentare la resilienza della rete di distribuzione elettrica e ad installare poli integrati di ricarica per veicoli elettrici. Per raggiungere gli obiettivi europei in materia di decarbonizzazione, è previsto un parco circolante di circa 6 milioni di veicoli elettrici al 2030 (di cui 4 milioni completamente elettrici e 2 milioni ibridi plug-in).

La transizione ecologica sarà la base del nuovo modello economico e sociale di sviluppo su scala globale, in linea con l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. Per avviarla sarà necessario, inizialmente, ridurre drasticamente le emissioni di gas clima-alteranti in linea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi e del *Green Deal* europeo.

### **2.3.3 La smart road all'interno della politica nazionale**

L'iniziativa *Smart Road* ha l'obiettivo di avviare e guidare la nuova stagione della trasformazione digitale delle infrastrutture e della mobilità, individuando a livello nazionale requisiti funzionali di riferimento e accelerando l'introduzione di sistemi a guida assistita e la circolazione delle *self driving vehicles*.

- 
4. Istruzione e ricerca;
  5. Inclusione e coesione;
  6. Salute.

La tappa fondamentale nel processo attuativo è rappresentata dalla promulgazione del Decreto ministeriale 28 febbraio 2018, n. 70 (c.d. Decreto *Smart Road*), in attuazione dell'art. 1, comma 72, della Legge n. 205 del 27 Dicembre 2017 (Legge di Bilancio 2018).

Con questo decreto il MIT ha dato ufficialmente il via alla graduale transizione verso le “strade intelligenti”, alla sperimentazione delle soluzioni tecnologiche per adeguare la rete infrastrutturale italiana ai nuovi servizi *smart* e per testare i veicoli autonomi, mirando all’ammodernamento e all’adeguamento tecnologico di tutta la rete stradale italiana all’insegna del processo della *digital transformation*.

La Struttura Tecnica di Missione (STM) ha individuato un set di standard funzionali minimi e indici di performance in grado di caratterizzare una *smart road*, comprensivo della introduzione di soluzioni C-ITS, affinché siano applicate alle infrastrutture di nuova costruzione ed estese alle strade esistenti. Infrastrutture appartenenti a differenti livelli gerarchici della rete primaria potranno essere classificate come *smart* ove rispettino le funzionalità minime associate al livello gerarchico cui appartengono.

La trasformazione digitale verso le *Smart Road* vuole contribuire a creare un “ecosistema tecnologico favorevole per l’interoperabilità tra infrastrutture e veicoli di nuova generazione, per l’adeguamento delle infrastrutture alle nuove richieste di mobilità dei parte viaggiatori e per la realizzazione di servizi innovativi per gli utenti della strada e per i gestori stessi, il tutto promuovendo elevati livelli di sicurezza del traffico e delle infrastrutture, anche attraverso una conoscenza continua del loro comportamento”.

Occorre innanzitutto cristallizzare la definizione di *Smart road*. L’art. 2 del Decreto la definisce come “*infrastruttura stradale per le quali è compiuto un processo di trasformazione digitale orientato a produrre piattaforme di osservazione e monitoraggio del traffico, modelli di elaborazione dei dati e informazioni, servizi avanzati ai gestori delle infrastrutture, alla pubblica amministrazione e agli utenti della strada, nel quadro della creazione di un ecosistema tecnologico favorevole all’interoperabilità tra infrastruttura e veicoli di nuova generazione*”.

Così come riportato nell’all. A, le *Smart Road* vengono considerate dunque come “*un insieme di infrastrutture stradali, piattaforme tecnologiche e servizi che puntano agli obiettivi fondamentali della riduzione della incidentalità stradale, della interoperabilità con i veicoli di nuova generazione, della continuità con i servizi europei C-ITS, dello snellimento del traffico, della sostenibilità, della efficienza e della resilienza delle reti*”.

Il Decreto si sviluppa principalmente su 3 grandi pilastri:

1. La definizione degli standard funzionali delle *Smart Road*;<sup>50</sup>
2. La cornice regolatoria di autorizzazione e per la sperimentazione su strada pubblica dei veicoli autonomi;

---

<sup>50</sup> Per via della velocità e della obsolescenza elevata delle tecnologie, nel documento non sono stabiliti standard tecnologici bensì funzionali-prestazionali. Infatti, in molti casi, le stesse funzioni e servizi, e le stesse prestazioni, possono essere raggiunte anche applicando tecnologie diverse.

3. La creazione presso la Direzione Generale per i sistemi informativi e statistici del MIT dell'Osservatorio tecnico di supporto per le Smart Road e per il veicolo connesso e a guida automatica.

Il Decreto promuove la valorizzazione ed il miglioramento del patrimonio infrastrutturale esistente, la realizzazione di infrastrutture utili e l'adeguamento tecnologico della rete viaria nazionale attraverso una sua graduale trasformazione digitale coerentemente con il quadro comunitario e internazionale di digitalizzazione delle infrastrutture stradali assicurando la continuità con i servizi europei C-ITS. Gli interventi di *digital transformation* sono di tipo diffuso, e come tali sono stati inquadrati nell'ambito di un programma di interventi generalizzati sulla rete. In tal ambito, dunque il concetto di *smart road* è pensato per adattarsi ad una visione di *rete*. Per tale motivo, il processo di *digital transformation* sarà applicato gradualmente.

Un processo che, già oggi, ha iniziato ad interessare le più importanti e strategiche reti di connessioni territoriali, quali i corridoi europei TEN-T e le autostrade in territorio italiano.

Si ricorda che la rete TEN-T mira a creare uno spazio unico europeo dei trasporti basato su un'unica rete transeuropea completa, integrata e multimodale tra trasporto terrestre, marittimo e aereo, che comprenda e colleghi tutti gli stati membri dell'UE in maniera intermodale ed interoperabile.

Il Regolamento UE 1315/2013 che ha definito la rete di trasporto trans-europea TEN-T, prevede la creazione di una rete articolata su un doppio strato per lo sviluppo della rete internazionale: la *Comprehensive Network*, ovvero una rete globale (da realizzarsi entro il 2050) e la *Core Network*, ovvero una rete centrale a livello UE (da realizzarsi entro il 2030) che comprende le parti di rete globale che rivestono la più alta importanza strategica ai fini del conseguimento degli obiettivi per lo sviluppo della rete transeuropea dei trasporti.

Le reti TEN-T sono un insieme di infrastrutture lineari (ferroviarie, stradali e fluviali) e puntuali (nodi urbani, porti, interporti e aeroporti) considerate rilevanti a livello comunitario e la *Core Network* è costituita dai agglomerati urbani a maggiore densità abitativa (nodi urbani), dai nodi intermodali (porti, aeroporti, terminali) di maggiore rilevanza e le relative connessioni multimodali.

L'Italia si trova in una posizione strategica essendo interessata da quattro dei nove corridoi della rete core TEN-T: il Baltico-Adriatico, lo Scandinavia-Mediterraneo, il Reno-Alpi e il Mediterraneo.

Pertanto elementi di connessioni strategica territoriale, corridoi europei e autostrade, tra nodi urbani metropolitani che stanno, dunque, già iniziando a compiere quel "salto" verso l'infrastrutturazione digitale delle reti, costituendo la base per una rete nazionale *smart road*. Un processo di innovazione tecnologica digitale già in essere su tali ambiti territoriali che, ben presto, dovrà ulteriormente rapportarsi, integrarsi e declinarsi in un rapporto transcalare rispetto alle esigenze e alle problematiche della dimensione urbana della città metropolitana contemporanea.



European  
Commission

TRANS-EUROPEAN TRANSPORT NETWORK  
TEN-T CORE NETWORK CORRIDORS



Sulle diverse declinazioni di *Smart Road*, il decreto individua:

- “*Smart road di tipo I*”: includono i corridoi europei TEN-T (Trans European Network – Transport) “Core e Comprehensive” in territorio italiano; inoltre come chiarito all’art.5, tra le Smart Road di tipo I, rientra anche “tutta la rete autostradale”. Su queste strade, devono essere realizzati nove diversi

interventi di adeguamento tecnologico sui 12 complessivamente individuati dal MIT entro il 2025; mentre, entro il 2030, dovranno essere realizzati i restanti per risolvere al meglio problemi di traffico e fornire servizi mirati ad alcune categorie di utenti come autotrasportatori e utilizzatori di flotte aziendali.

- “*Smart road di tipo II*”, il decreto le indica come la rete classificata nel primo livello SNIT<sup>51</sup> (Sistema nazionale integrato dei trasporti). La rete stradale nazionale di 1° livello corrisponde agli assi attualmente in esercizio della rete SNIT 2001, più la rete TEN-T (Core e Comprehensive), più ulteriori assi di accessibilità a porti, aeroporti, poli turistici, distretti industriali<sup>52</sup>. Anche in questo caso, l’adeguamento alle specifiche funzionali Smart Road, secondo il DM 70, deve essere realizzato per l’intera rete SNIT di 1° livello secondo le modalità descritte nell’Allegato al decreto stesso, ed entro le date del 2025 e 2030.

L’allegato tecnico al Decreto *Smart Road*, descrive ed elenca, in maniera dettagliata, le specifiche funzionali che dovranno necessariamente essere installate per garantire il funzionamento del sistema di connettività stradale. L’allegato tecnico è riportato in appendice.

Gli interventi *Smart Road*, quindi, costituiscono un passo necessario per cogliere e possibilmente moltiplicare i benefici che possono derivare dall’avvento di veicoli con più alto livello di automazione.

Col Decreto, il Ministro italiano delle Infrastrutture e dei Trasporti ha autorizzato la sperimentazione di veicoli a guida automatizzata con riferimento a veicoli “omologati”. L’autorizzazione si riferisce all’esecuzione delle prove su una o più aree stradali indicate dal soggetto richiedente. In particolare gli ambiti stradali per i quali può essere richiesta l’autorizzazione alle prova dei suddetti veicoli prevedono, oltre che a autostrade e strade extraurbane principali e secondarie, la possibilità anche in ambiente urbano e ultimo miglio, tipo D, E e F.

A maggio 2019 il MIT ha rilasciato la prima autorizzazione per la sperimentazione di un veicolo automatico e connesso in ambiente urbano nei comuni di Parma e Torino.

Un anno più tardi, il MIT con il Ministero dell’Innovazione tecnologica e la Digitalizzazione ha sottoscritto un protocollo d’intesa sulla guida autonoma. Oggetto del protocollo è lo sviluppo della mobilità innovativa attraverso la ricerca la sperimentazione di veicoli a guida autonoma e connessa.<sup>53</sup> *Le ricerche e le sperimentazioni nazionali e internazionali sui veicoli e mezzi innovativi a guida autonoma rendono infatti concreta la possibilità che tali mezzi siano progressivamente introdotti sui mercati nei prossimi anni*<sup>54</sup>.

<sup>51</sup> La identificazione dei livelli SNIT e' quella definita dal PGTL del 2001, come adeguata nell'allegato “Connettere l'Italia” al Documento di economia e finanza 2017.

<sup>52</sup> Nell’allegato al DEF 2020 “#italiaveloce” L’Italia resiliente progetta il futuro: nuove strategie per trasporti, logistica e infrastrutture”, per quel che concerne il “potenziamento tecnologico e digitalizzazione” della rete stradale nazionale (SNIT di 1° livello), viene riconfermata la necessità di adeguare quanto necessario la rete SNIT di Livello 1° alle specifiche funzionali del Decreto Smart Road e realizzare uno studio di fattibilità per la creazione di un “ecosistema nazionale” di supporto all’erogazione dei servizi “cooperativi C-ITS”.

<sup>53</sup> <https://www.mit.gov.it/comunicazione/news/mit-e-mid-accordo-per-lo-sviluppo-della-mobilita-autonoma-e-connessa>

<sup>54</sup> Paola De Micheli, Convegno “Guida Autonoma e Smart Mobility”, 06 ottobre 2020 - <https://www.piarc-italia.it/online/webinar-guida-autonoma-smart-mobility/>

Con l'ausilio dell'Osservatorio tecnico di supporto per le Smart Road, a settembre 2020, il MIT ha già predisposto un aggiornamento del decreto *Smart Road*, in fase di ultimazione del suo iter<sup>55</sup>. Tale Regolamento abroga e aggiorna i contenuti del precedente 70/2018, e mira a estendere la sperimentazione su strada pubblica anche ai mezzi di trasporto del tutto innovativi, che non hanno uno schema classico rispetto al normale veicolo omologato oggi in circolazione (ad esempio non dispongono di un volante, di una pedaliera, ecc.), per i quali ad oggi non è possibile l'omologazione per la mancanza di alcuni specifici requisiti tecnici previsti secondo le attuali norme nazionali e internazionali di settore. In tal modo l'aggiornamento permetterà la sperimentazione di veicoli speciali per il TPL (e.g. "navette a guida autonoma") che non sono contemplate dal DM70/2018 e vengono oggi sperimentate, in Italia, in zone protette e chiuse, in condizioni "controllate" (Merano, Torino).

#### **2.4. Sfide per una nuova transizione urbana**

Negli ultimi anni, il tema del governo degli impatti dei veicoli a guida autonoma è stato oggetto di crescente interesse da parte della comunità scientifica internazionale, che mette in guardia da un diffuso atteggiamento di "osservazione passiva" da parte delle pubbliche amministrazioni, auspicandone un coinvolgimento più attivo (Guerra, 2016; Legacy et al., 2018). Tuttavia, nonostante la consapevolezza in merito all'importanza di governare la diffusione degli AV sia cresciuta, permane una difficoltà nel doversi rapportare con un futuro poco prevedibile. Le difficoltà maggiori derivano dal fatto che chi si occupa di pianificazione dei trasporti sta adottando un atteggiamento prudente e attendista per via dei forti dubbi riguardo l'impatto degli AV e delle loro tempistiche di diffusione Fraedrich et al. (2018). Gli scenari e studi sinora sviluppati sulla possibile implementazione in città sono piuttosto unilaterali. La maggior parte degli studi si riferiscono a periodi in cui la maggior parte dei veicoli saranno completamente autonomi in un lungo orizzonte temporale (20 – 30 anni), concentrandosi principalmente sulla tecnologia dei veicoli, sui modelli di guida con metodi quantitativi come simulazioni e calcoli che forniscono risultati numerici. L'automazione del trasporto viene affrontata attraverso un punto di vista globale o spesso geograficamente indefinito, solo pochi casi si concentrano su un contesto geografico, su una città. Quasi tutte le "visioni" non si riferiscono allo spazio in cui circoleranno e parcheggeranno gli AV. Parkin et al. (2017) propongono quattro visioni piuttosto generiche sui diversi modelli di circolazione AV nelle strade urbane (rete completamente segregata per AV, AV solo sulla rete principale mescolata con auto a guida umana, tipica rete urbana e spazio condiviso); anche in questo caso, lo spazio della città è spesso considerato come un "contesto" passivo, uno sfondo sperimentale, in cui si tende a ignorare la natura tecnica dell'automazione dei trasporti inserendo una tecnologia emergente in un sistema già stabilito.

La pianificazione urbana e dei trasporti può svolgere un ruolo chiave nella transizione alla guida automatizzata, poiché possono anche influenzare la direzione dei potenziali

---

<sup>55</sup> Conclusosi con esito positivo il controllo preliminare dello schema del regolamento da parte della Commissione Europea e ottenuto recentemente il parere del Ministero dell'Interno coinvolto sui temi del codice della strada, il regolamento è in fase di trasmissione al Consiglio di Stato per acquisirne il preventivo parere di legittimità.

impatti. Allo stesso tempo, data l'incertezza sulla tempistica e la portata di questi impatti, la definizione delle politiche per l'introduzione della tecnologia AV a livello locale e urbano è piuttosto complessa e la definizione di percorsi e le scelte politiche in un contesto così incerto pone una serie di sfide legate a diversi fattori interdipendenti che rappresentano condizioni fondamentali per la loro diffusione, quali: il rinnovo del parco veicolare, l'adeguamento dell'infrastruttura stradale, i problemi di interazione tra AV e veicoli a guida umana, la sicurezza degli utenti deboli, la disponibilità e localizzazione dei parcheggi ecc (Johnson, 2017).

Gli urbanisti, in generale, sembrano essere impreparati alla probabile perturbazione AV sull'ambiente edificato e sull'uso del suolo delle città, nonostante si riconosca che il veicolo connesso è anche una tecnologia dirompente, soprattutto nel breve e medio periodo.

Come mostrano recenti sondaggi negli Stati Uniti (Guerra E., 2016), Australia (Legacy C. et al, 2018) e Germania (Fraedrich E. et al., 2018), i pianificatori sono spesso ben consapevoli del progresso tecnologico e dei potenziali impatti degli AV, ma non sono sicuri di come affrontare la loro diffusione nella scelte di pianificazione nel periodo di transizione in cui vi sarà la coesistenza dei AV con veicoli tradizionali e altri utenti della strada.

Alcune raccomandazioni politiche sono state fornite ai governi locali in termini di politiche di trasporto e uso del suolo che le città e le regioni potrebbero attuare nel breve-medio termine per accogliere progressivamente i AV nei loro ambienti locali.

A questo proposito, Guerra e Morris (2018) forniscono tre suggerimenti di base sulla pianificazione per AV a livello metropolitano/urbano:

- i pianificatori non dovrebbero aspettarsi che i AV risolvano da soli problemi come la congestione, gli incidenti mortali o l'inquinamento;
- i pianificatori dovrebbero promuovere investimenti e politiche che abbiano senso in una varietà di scenari futuri;
- i pianificatori dovrebbero concentrarsi sulle politiche che hanno senso oggi, indipendentemente dal futuro dell'automazione.

Queste politiche contribuiscono ad aumentare la sostenibilità e accessibilità degli attuali sistemi di mobilità e, allo stesso tempo, i loro effetti a breve e medio termine potrebbero essere utili per prevenire impatti AV negativi a lungo termine (González-González E. et al., 2019; Papa E., Ferreira A., 2018). Esempi di queste raccomandazioni sono:

- la promozione di un sistema di trasporto multimodale di alta qualità, in cui gli AV saranno integrati ma il trasporto pubblico manterrà un ruolo importante nell'offerta di trasporto;
- migliorare la mobilità elettrica, per ridurre l'impatto ambientale delle automobili a guida umana ora e quello dei veicoli AV in futuro;
- incoraggiare l'uso di servizi di condivisione e pratiche *Mobility as a Service* – MaaS- rispetto alla mobilità motorizzata privata, favorendo una transizione verso AV condivisi piuttosto che verso AV di proprietà privata;

- migliorare la qualità e il *design* urbano, per facilitare la mobilità pedonale e ciclabile;
- ridurre progressivamente i requisiti minimi di parcheggio e dedicare lo spazio liberato alla mobilità attiva;
- limitare l'accesso alle auto all'interno e all'esterno della città e sostenere l'emergere di quartieri pedonali;
- l'adozione di regolamenti per prevenire ulteriori processi di espansione.

Appare evidente come queste raccomandazioni sono piuttosto generali e contribuiscono al più ampio “quadro” dello sviluppo urbano sostenibile.

Scott (2018) suggerisce che devono essere sostenute una serie di principi guida da seguire per i pianificatori e che devono essere integrate nelle indagini e nei processi attuali a livello nazionale, statale e locale. Stead e Vaddadi (2019) sottolineano il ruolo critico della pianificazione, regolamentazione e definizione delle politiche per mitigare gli impatti dirompenti della tecnologia di guida autonoma: “In definitiva, il ruolo futuro degli AV nell'influenzare la forma urbana e la struttura non dipende tanto dalla tecnologia e dal livello di automazione dei veicoli, ma piuttosto dalla regolazione di questa tecnologia in città e dalla *governance* di città e regioni”.

I pianificatori devono concentrarsi sulla modifica dei loro modelli di pianificazione per incorporare l'impatto dirompente previsto della tecnologia AV, oltre a trovare modi per riutilizzare in modo intelligente gli usi del suolo e gli edifici attuali.

Contestualmente, sebbene si possa confidare sulle potenzialità e la capacità di “pensare in autonomia” dei veicoli, in realtà richiede una serie di investimenti infrastrutturali necessari per supportare il suo inizio oltre alla tecnologia all'interno dei veicoli stessi. Sebbene questo campo stia ancora cambiando a causa dello sviluppo della tecnologia e dei suoi requisiti, ci sono diverse aree dell'infrastruttura che sicuramente dovranno affrontare cambiamenti e, in molti casi, investimenti e adattamenti significativi.

Una delle maggiori sfide che lo sviluppo AV e i governi devono affrontare oggi è il ruolo e la forma dell'infrastruttura connessa.

Con l'evoluzione della tecnologia AV, anche l'approccio alla connettività si è evoluto. L'implementazione su scala urbana degli AV potrà richiedere un ripensamento dell'infrastruttura viaria urbana al fine di facilitarne la navigazione, garantire la connettività altri utenti della strada ai fini di una maggiore sicurezza degli stessi.

L'infrastruttura connessa richiede non solo una rete efficace per i veicoli e l'infrastruttura per connettersi in modo rapido, sicuro e affidabile ma anche un probabile cambiamento all'infrastruttura fisica.

Esiste un potenziale per collegare questi nuovi concetti di *design* con la transizione complessiva verso una città sempre più integrata, connessa e “intelligente”. Sappiamo esserci molte definizioni di “città intelligente” in letteratura. In tal contesto, una “città intelligente” può essere definita come una città in cui avviene “*the effective integration of physical, digital and human systems in the built environment to deliver a sustainable, prosperous and inclusive future for its citizens*” (BSI, 2014). Riprendendo il filo del ragionamento di W.J. Mitchell (1995; 1999), la Smart City è composta da due sottoinsiemi: *smart places* e *smart people*. Gli *smart places* sono quei luoghi “*in cui è possibile connettersi a reti digitali, dove il flusso di informazioni sotto forma di bit*

*scorre abbondantemente ed il mondo fisico e quello digitale si sovrappongono. [...] Si può pensare a loro come a luoghi in cui due ambiti altrimenti distinti, lo spazio fisico ed il cyberspazio, si intersecano in una combinazione efficace, per facilitare le attività umane”.*

Sempre secondo Mitchell per poter innestare l'intelligenza all'interno di una città è necessario che si verifichino tre presupposti. Il primo è quello di “saturare la città di silicio”, intendendo dotare ogni singolo manufatto della città, dagli oggetti più piccoli fino ad interi quartieri, di software capace di rendere possibile lo scambio di informazioni tra l'oggetto stesso e chi lo utilizza. Dopodiché è necessario che l'insieme dei dispositivi funzioni come un sistema integrato in cui ogni elemento si relaziona con gli altri e tutti insieme riversano le proprie informazioni nelle reti digitali. Infine bisogna reperire i dati attraverso strumenti “intelligenti” come, centraline, sensori, contatori energetici, videocamere, smart phone, dispositivi GPS, etc. In questo modo è possibile elaborare i dati ed ottenere informazioni sul funzionamento delle città: per esempio si possono controllare il traffico di autoveicoli, l'inquinamento atmosferico o acustico, il consumo energetico degli edifici; ma si possono anche monitorare fenomeni naturali, come il livello dell'acqua nei bacini idrici o nelle dighe, le aree boschive a rischio incendio o l'attività sismica di un territorio. I cittadini stessi diventano strumenti di rilevamento grazie alle tracce dei loro cellulari o dei loro dispositivi GPS<sup>56</sup>.

Ratti (2011) sostiene che pensare alla futura *smart city* significa scomporre la città in tre principali livelli: la città fisica, la città delle reti, della mobilità, della *smart grid* (virtuale) e comunità intelligenti; nel ripensare alla città di domani bisogna integrare i tre livelli e migliorarne le sovrapposizioni, ricomporre lo strato della città fisica con lo strato della città virtuale/digitale, definendo una città “cyber-fisica” una città in cui il sistema digitale e il sistema fisico lavorano insieme .

È proprio in tale direzione che possiamo pensare che l'innovazione *digitale* sta finalmente arrivando ad integrarsi con lo spazio urbano della strada, da sempre icona e matrice della città, elemento intrinseco costitutivo della città stessa. Il potenziale dell'integrazione dei nuovi concetti di *design* relativi agli AV all'infrastruttura della città “intelligente”, con il conseguente *upgrading* tecnologico, potrebbe rappresentare il vero passaggio dell'infrastruttura stradale da mera infrastruttura fisica a “piattaforma” urbana, in cui lo spazio fisico e lo spazio digitale, finalmente, si fondono. Da qui, lo spazio della strada si configurerebbe in una nuova infrastruttura urbana “ibrida” *smart*, in cui l'infrastruttura tecnologica-digitale e l'infrastruttura fisica si sovrappongono.

Tale concetto è già di grande importanza per l'Europa, come visto in precedenza, e l'UE sostiene già attivamente lo sviluppo di infrastrutture autostradali “intelligenti” attraverso misure politiche nel quadro dell'innovazione e altre iniziative (Lytrivis et al., 2018; Carreras et al. 2018).

Da quanto discusso, l'integrazione dell'infrastruttura per AV nell'infrastruttura complessiva della città “intelligente” rappresenta un'importante sfida per la pianificazione urbana.

---

<sup>56</sup> Su queste tematiche sono da segnalare le ricerche del SENSEable City Lab del MIT di Boston diretto da Ratti che in questi ultimi anni ha condotto numerose sperimentazioni in diverse città americane ed europee.

## 2.5. Considerazioni conclusive

A fronte di una incertezza sulle modalità e tempistiche con cui l'avvento dei veicoli a guida autonoma rivoluzionerà non solo il modo di spostarsi delle persone, ma anche il loro stile di vita e l'organizzazione spaziale della città, la sfida del futuro della mobilità risiede in un'innovazione che appare tanto utopistica, quanto realistica. Una mobilità urbana "intelligente" che interessa l'intero ecosistema urbano entro il quale circolerà, sia da un punto di vista morfologico e compositivo, sia per il modello di fruizione dei tessuti urbani e della città nel suo complesso.

Gli AV, con la convergenza delle tecnologie di automazione e connettività, hanno il potenziale per alterare e trasformare radicalmente i modelli di utilizzo del suolo delle città, come è stato evidente durante i cambiamenti indotti dall'automobile all'inizio del XX secolo. Nonostante la tecnologia venga realizzata a un ritmo sempre più veloce, i gestori delle città purtroppo rimangono impreparati nell'affrontare l'interruzione di tale tecnologia innovativa, e quindi la capacità di sfruttare i benefici a breve termine. Gli AV sono tecnologie di mobilità la cui implementazione e impatti saranno modellate dalle pratiche di adozione e i pianificatori e le comunità possono plasmare tale attuazione per portare a una migliore vita urbana.

Alla luce di quanto finora discusso, appare dunque necessario, ora più che mai, accompagnare il processo di evoluzione verso la nuova forma di mobilità "intelligente", senza precorrere i tempi, vista l'incertezza sugli scenari futuri, ma privilegiando azioni che allo stesso tempo possano contribuire a migliorare i sistemi e servizi attuali e concorrano a creare le condizioni di base per la transizione alla mobilità del prossimo futuro. Appare fondamentale che il predetto processo di transizione alla nuova forma di mobilità "intelligente" richieda all'attuale infrastruttura fisica stradale urbana una fase di trasformazione, in cui i sistemi C-ITS rivestono un ruolo di fondamentale importanza. Si ricorda che già in questa direzione già si è mosso il DM 70/2018, c.d. *Smart Road*, stabilendo l'adeguamento alle specifiche funzionali prestazionali per il decennio 2020-2030), una condizione necessaria per una efficace e positiva introduzione della mobilità autonoma e connessa. L'applicazione alla Rete Ten-T e allo SNIT sono, in realtà, solo il primo, necessario, passo; nel prossimo futuro si dovrà considerare l'estensione dapprima alle realtà urbane e poi a tutta la rete stradale (All. DEF, 2020). Contestualmente, il contesto normativo e di pianificazione lascia gli urbanisti - insieme a legislatori, gestori urbani, amministratori e responsabili politici - impreparati ad affrontare la possibile riorganizzazione spaziale e le linee strategiche di implementazione urbana dei AV. Gli impatti dell'implementazione su larga scala di AV sulle città dipenderanno dai tempi di transizione, dal tipo specifico di AV da implementare (AV per trasporto privato, condiviso e/o pubblico, con o senza connettività V2X) e le relative modalità di implementazione dei veicoli all'interno del sistema urbano. Anche le caratteristiche di ciascuna città e dal proprio sistema di trasporto avranno un ruolo fondamentale in tale processo, così come dipenderà anche dalla politica di sviluppo urbano a livello di priorità locali. In queste condizioni piuttosto complesse, rimane indefinito cosa accade nel frattempo allo spazio urbano, quali implicazioni urbanistiche e spaziali, quali nuove dotazioni/standard. Durante l'indispensabile fase di transizione per favorire l'implementazione alla nuova forma di mobilità "intelligente", gli ambienti urbani dovranno affrontare la coesistenza di veicoli

esistenti, e più in generale gli utenti della strada, insieme a veicoli autonomi di livello 4 (ipoteticamente anche 5). Appare chiara la necessità di indagare le effettive condizioni operative, e gli eventuali cambiamenti/adattamenti, per “abilitare” l’ambiente urbano contemporaneo a favorire la graduale transizione alla prossima forma di mobilità urbana “intelligente”.

## CAPITOLO 3

### Sperimentazioni e casi studio

I veicoli autonomi e connessi necessitano di un'attenta considerazione sul rapporto con l'ambiente urbano. A differenza delle autostrade - ambienti in un certo senso 'semplificati' (assenza di pedoni, chiara separazione delle corsie, intersezioni che si uniscono - divergono, campo visivo libero per i sensori, carreggiate separate, ...), gli ambienti urbani sono molto più complessi (angoli, mix di diversi utenti della strada con comportamenti diversi, diverse velocità e diversa resilienza agli urti, geometrie stradali non convenzionali, marciapiedi irregolari, etc). L'integrazione di tale veicolo 'intelligente' potrebbe richiedere un ripensamento dello spazio urbano.

In tale ottica sono stati dunque indagati i parametri tecnici/spaziali e le dotazioni tecnologiche/digitali, quali precondizioni essenziali, per 'abilitare' lo spazio urbano della strada ad avanzare verso la graduale transizione alla mobilità autonoma e connessa.

Dalle strategie politiche europee e italiane si ricorda che la *digital transformation* dell'infrastruttura stradale è affermata quale *driver* fondamentale per accelerare l'introduzione degli AV in quanto consentirebbe la comunicazione e la connessione tra i veicoli e l'infrastruttura e con tutti gli altri utenti della strada (V2X, V2X), mirando anche al miglioramento della sicurezza stradale e ad una maggiore efficienza dei flussi di traffico. In tal senso la mobilità autonoma può spingere all'innovazione digitale dell'infrastruttura fisica viaria.

*'Garantire l'interoperabilità tra differenti sistemi di comunicazione è fondamentale per ottenere un elevato livello di sicurezza[...] I requisiti minimi tecnici necessari per la futura implementazione, sono sicuramente la diffusione di sistemi di comunicazione in grado di interconnettere veicoli tra di loro e con la strada. Ciò è possibile grazie all'utilizzo di sistemi ibridi in grado di consentire la comunicazione e lo scambio di informazioni tra differenti sistemi di comunicazione V2V e V2I, più in generale si adotteranno sistemi di comunicazione C-V2X.'* (Carrarini, 2020)

Al fine di decodificare il processo di *digital transformation*, quindi individuare concretamente l'infrastruttura digitale necessaria e i relativi elementi fisici tecnologici operativi di supporto a garantire la comunicazione e connessione V2X, è stato analizzato il progetto *Smart Road* di Anas Spa la quale rappresenta in ambito europeo ed internazionale l'esperienza progettuale su infrastrutture stradali più all'avanguardia sul campo dei veicoli a guida autonoma. In funzione di quanto sopra esposto è stata fondamentale la collaborazione avviata durante il periodo di ricerca con l'Ing. Luigi Carrarini<sup>57</sup> (a seguito della stipula dell'accordo di collaborazione di ricerca), il quale ha fornito importanti informazioni e materiale di supporto alla predetta analisi.

---

<sup>57</sup> L'Ing. Luigi Carrarini è Responsabile dell'Unità Infrastrutturazione Tecnologica Impianti ed Energia della Direzione Operation e Coordinamento Territoriale. Tra gli incarichi ha ricoperto il ruolo di: Project Manager della Smart Road ANAS, Energy Manager, Project Manager del sistema di telecontrollo per gli impianti nelle gallerie ANAS;

Per quel che concerne l'individuazione delle nuove possibili condizioni tecnico-spaziali sono state analizzate alcune sperimentazioni in cui la mobilità senza conducente è già stata applicata in reali contesti urbani in Europa.

In termini di sperimentazioni si contano già diversi casi a livello globale in cui gli AV vengono testati in ambienti 'controllati' o reali (Bloomberg.org Group, 2019; SPACE Project dell'UITP).

Le sperimentazioni su larga scala in ambienti urbani, suburbani/periurbani e infine sui villaggi più piccoli risultano fondamentali nel quadro della strategia europea per supportare la preparazione all'implementazione della mobilità autonoma e connessa (SRIA, 2020).

L'interesse e la preparazione verso questo nuovo paradigma di mobilità urbana 'intelligente' da parte dell'UE è testimoniata da una lunga storia di finanziamenti di ricerca collaborativa alla guida automatizzata e connessa, che ha contribuito alla realizzazione di numerosi progetti di ricerca, recenti e attuali<sup>58</sup>. Ad esempio, nell'ambito di Horizon 2020, possiamo ricordare alcuni progetti in corso quali Avenue, L3Pilot ed Ensemble, che coprono i tre percorsi di sviluppo presenti nella roadmap ERTRAC 2019 (mobilità condivisa, mobilità individuale oltre a camion e merci), ed altri importanti progetti quali Show, Fabulos e ad Helsinki i progetti Sohjoa Baltic e Sohjoa Last Mile. Si riporta di seguito una tabella con i progetti UE, realizzati ed in corso di realizzazione, sulla guida automatizzata e connessa (INEA, 2019).

<b>PROGETTI EUROPEI</b>		
<b>Acronimo</b>	<b>Titolo</b>	<b>Periodo</b>
<b>AdaptIVe</b>	Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles	01/2014-06/2017
<b>AUTOC-ITS</b>	Regulation Study for Interoperability in the Adoption of Autonomous Driving in European Urban Nodes	11/2016-12/2018
<b>AVENUE</b>	Autonomous Vehicles to Evolve to a New Urban Experience	05/2018-04/2022
<b>AVINT</b>	Autonomous vehicles integrated within the urban context	01/19 – 12/21
<b>C2ART</b>	Verso un sistema di trasporto stradale collegato, coordinato e automatizzato (C2ART)	01/16-12/19
<b>CityMobil2</b>	Cities demonstrating cybernetic mobility	2012-2016
<b>CoEXist</b>	'AV-Ready' transport models and road infrastructure for the coexistence of automated and conventional vehicles	05/2017-04/2020
<b>C-ROADS ITALY</b>	C-ROADS ITALY	02/2017-12/2020
<b>CYBERCARS</b>	Tecnologie cibernetiche per l'auto in città	08/01 – 07/04
<b>FABULOS</b>	Future Automated Bus Urban Level Operation System	01/18 – 12/20

Responsabile della Manutenzione straordinaria e delle nuove Opere degli impianti tecnologici nelle infrastrutture stradali; Responsabile del Coordinamento per le attività amministrative e tecniche e per il monitoraggio dell'applicazione della Direttiva Europea 2004/54/CE recepita dal D.Lgs. 264/06 riguardante "Minimum Safety Requirements for Tunnels in the Trans-European Road Network" in ambito ANAS.

<sup>58</sup> Per vedere progetti UE: <https://trimis.ec.europa.eu/projects>

<b>GATEWAY</b>	Ambiente di trasporto automatizzato di Greenwich	01/15-01/18
<b>INFRAMIX</b>	Road Infrastructure ready for mixed vehicle traffic flows	2017-2020
<b>L3Pilot</b>	Piloting Automated Driving on European Roads	2017-2021
<b>LEVITATE</b>	Societal Level Impacts of Connected and Automated Vehicles	2018-2021
<b>PAsCAL</b>	Enhance driver behaviour and Public Acceptance of Connected and Autonomous vehicles	2019-2022
<b>SHOW</b>	Shared automation Operating models for Worldwide adoption.	01/2020 – 12/2023
<b>TransAID</b>	Transition Areas for Infrastructure-Assisted Driving	09/2017 - 02/2021
<b>TUPPAC - LINC</b>	Transforming Urban Planning Providing Autonomous Collective mobility	03/18 – 02/21
<b>WEpods</b>	Baccelli Wageningen Ede	11/14 – 11/15
<b>WISE-ACT</b>	Wider Impacts and Scenario Evaluation of Autonomous and Connected Transport	10/2017-10/2021

Il trasporto pubblico è considerato uno dei candidati più idonei per beneficiare dell'automazione delle attività di guida.

*Una prima possibile implementazione di guida autonoma in contesto urbano è sicuramente la diffusione di mezzi di trasporto collettivi in grado di collegare brevi tratte anche in via sperimentale. Questo è prevedibile anche perché la diffusione su larga scala di mezzi a guida autonoma privati richiede un effort oneroso da parte del singolo cittadino. [...] L'utilizzo di veicoli pubblici e collettivi a guida autonoma consentirebbero sicuramente una riduzione dei tempi di attesa da parte del cittadino interessato o per lo meno una diffusione in tempo reale della situazione del traffico e quindi della stima di arrivo del mezzo alla fermata.[...] (Carrarini, 2020)*

Ad oggi, un numero crescente di sistemi automatizzati – *shuttle*/minibus - stanno iniziando ad entrare nelle strade, guidando in taluni casi in ambienti a traffico misto, inclusi ciclisti e pedoni. Di conseguenza, i progetti che coinvolgono sistemi di trasporto pubblico automatizzati stanno comparando con un ritmo accelerato (Hagenzieker et al., 2020). L'idea di potenziare i sistemi di trasporto pubblico con sistemi di autobus automatizzati risale agli anni '90 dal concetto delle cosiddette 'auto cibernetiche' (Parent, 2019). Una dimostrazione e implementazione di tale modalità di trasporto, denominata *ParkShuttle*, è stata già realizzata a partire dal 1997 nell'area di parcheggio dell'aeroporto di Schiphol, Paesi Bassi, ed è rimasta operativa fino al 2004 (2getthere, 2019). Dall'inizio degli anni 2000, una serie di progetti di ricerca UE (CyberCars, CyberMove, CyberCars2, CityMobil, CityMobil2, ecc.) si sono concentrati sullo sviluppo, il miglioramento e il test della tecnologia per i sistemi di bus automatizzati. Dalle auto informatiche con un semplice sistema di rilevamento degli ostacoli (scanner, laser e paraurti di sicurezza) su binario chiuso dedicato (Delle Site, Filippi e Giustiniani, 2011), è maturato in sistemi di bus automatizzati più avanzati con complessi set di sensori interni ed esterni per posizionamento e navigazione dei veicoli, per consentire

potenzialmente la guida nel traffico misto. Esempi di questi ultimi veicoli sono l’EZ10 di EasyMile, l’Arma di Navya, l’Olli di *Local Motors* e la terza generazione di *ParkShuttle*. L’unica differenza significativa tra i veicoli adoperati è che *ParkShuttle* utilizza punti di riferimento artificiali (cioè magneti) che sono incorporati nella carreggiata per il posizionamento (Boersma, Mica, van Arem e Rieck, 2018).

La maggior parte delle sperimentazioni sinora condotte in molte delle principali metropoli europee hanno operato prevalentemente su una dimensione locale/di quartiere. Alcuni di essi hanno implementato gli *shuttle* autonomi per il TPL su percorsi urbani, in traffico misto, costantemente monitorati da un operatore umano (Livello 3 secondo SAE J3018) ad eccezione del ParkShuttle a Rotterdam.

Le più recenti sperimentazioni, però, vedono già impiegati AV di livello successivo di autonomia (livello 4 e 5 secondo SAE J3018), nel traffico urbano senza essere accompagnati da un operatore umano.

#### *Motivi di scelta dei casi studio*

La scelta dei casi studio ha voluto tener conto, quindi, delle sperimentazioni in cui i veicoli autonomi sono stati adoperati come TPL.

Nella selezione sono stati esclusi le ‘esibizioni/demo/showcase’ poiché spesso operanti in condizioni ottimali e in contesti ‘controllati’ – contesti chiusi ad esempio campus e complessi universitari<sup>59</sup>, parchi commerciali ecc - allontanandosi in tal modo dalla reale complessità e dinamicità che caratterizza l’attuale condizione del contesto urbano; tra questi rientrano, ad esempio, i progetti pilota e dimostrazioni condotti in aeroporti, aree rurali, siti industriali e simili. Sono state escluse iniziative che vedono i veicoli a guida autonoma che operano su corsie segregate e separate (speciali carreggiate chiuse) come a Rotterdam Rivium, aeroporto di Heathrow e le capsule Masdar City.

Sono stati bensì considerate le sperimentazioni in cui *shuttle* autonomi hanno circolato su percorsi a traffico misto in area ‘prevalentemente’ urbano e di cui le relative informazioni e documentazione erano disponibili. Difatti va notato che molte sperimentazioni, in qualche modo simili, erano ancora troppo limitate nelle informazioni, in particolar modo quelle in corso di svolgimento o da pochissimo concluse.

A fronte dei criteri di selezione, rispetto al panorama generale, sono stati individuati tre casi studio:

- Trikala, Grecia
- La Rochelle, Francia
- Aalborg East, Danimarca

---

<sup>59</sup> <https://www.sustainable-bus.com/smart-mobility/olli-debuts-in-italy-turin-deploys-the-3d-printed-driverless-shuttle/> ad esempio è il caso della navetta autonoma Olli, stampata in tecnologia 3D, elettrica che ha prestato servizio a Torino (Italia) per quattro mesi all'interno del campus ITC-ILO. È il primo schieramento di questo tipo in Italia.

### **3.1. La Smart Road di Anas S.p.a.**

Secondo il Decreto 70/2018 del MIT, il processo di ‘trasformazione digitale’ si applica alla parte italiana dell’infrastruttura di rete TEN-T, alle nuove infrastrutture che collegano elementi di rete TEN-T e progressivamente a tutte le infrastrutture di alto livello e coinvolge la rete operata, gestita e costruita da Anas S.p.a..

Tra le prime a livello internazionale, Anas S.p.a., già in linea con gli standard funzionali del MIT del giugno 2016, ha sviluppato la sua visione di *Smart Road*, una strada capace di ‘parlare agli utenti e ad essa stessa’. Si tratta di un nuovo concetto di strada, intesa come un sistema tecnologico complesso, che trova nella trasformazione digitale un fattore qualificante per una crescita sostenibile, in grado di creare infrastrutture più sicure, più fruibili, e di generare nuovi servizi ed informazioni per una migliore ‘esperienza di viaggio’ per utenti, merci e sistemi di trasporto a guida autonoma, contribuendo, in questo modo, allo sviluppo del Paese.

L’obiettivo principale del progetto è integrare la tecnologia innovativa nel percorso dell’infrastruttura per aumentarne la resilienza, la sicurezza, la gestione del traffico e della mobilità e il monitoraggio dell’infrastruttura stessa, grazie ad un enorme set di dati in tempo reale in arrivo da tutte le entità dell’ambiente stradale che comunicano e lavorano in modo cooperativo.

Alla base del processo di *digital transformation* è posta la realizzazione di opportune strutture/piattaforme abilitanti, per la realizzazione di svariate funzioni e per l’erogazione dei servizi che rispondano alle moderne esigenze dell’utente della strada. Caratteristiche comuni di queste ‘piattaforme’ sono la natura ‘abilitante e aperta’ per diversi tipi di funzioni e servizi.

La Smart Road che Anas ha sviluppato pone il suo focus sulla sicurezza dell’utente garantendo un viaggio sicuro senza difficoltà grazie all’ausilio di assistenza alla guida o auto a guida autonoma.

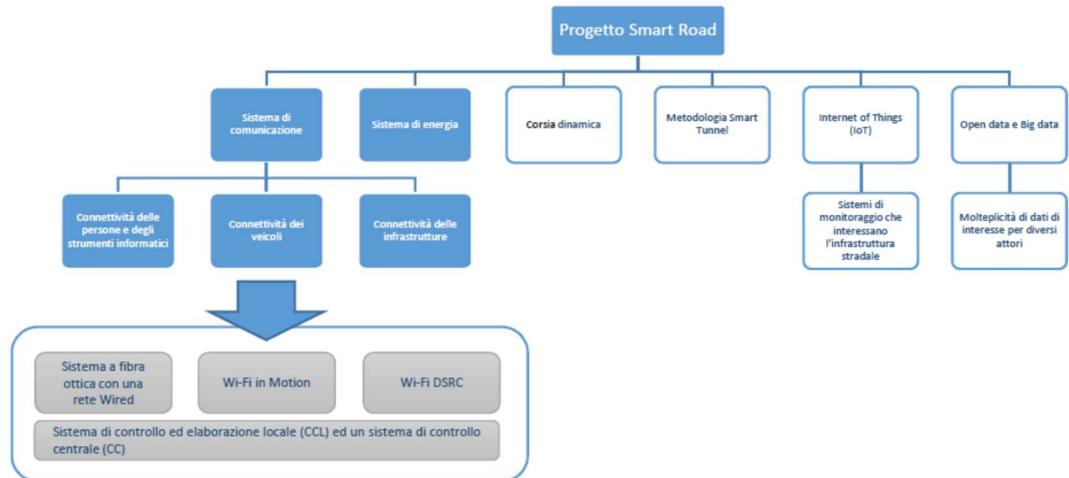
La trasformazione in *Smart Road* interesserà la SS 4 Salaria, A90-A91 Gra e Roma Fiumicino, RA15 - Tangenziale di Catania, A19-Palermo Catania, A2 - del Mediterraneo, Porto di Trieste/Dogana, E45-E55 Orte Mestre e SS51 dell’Alemagna.

#### **3.1.1. Elementi principali**

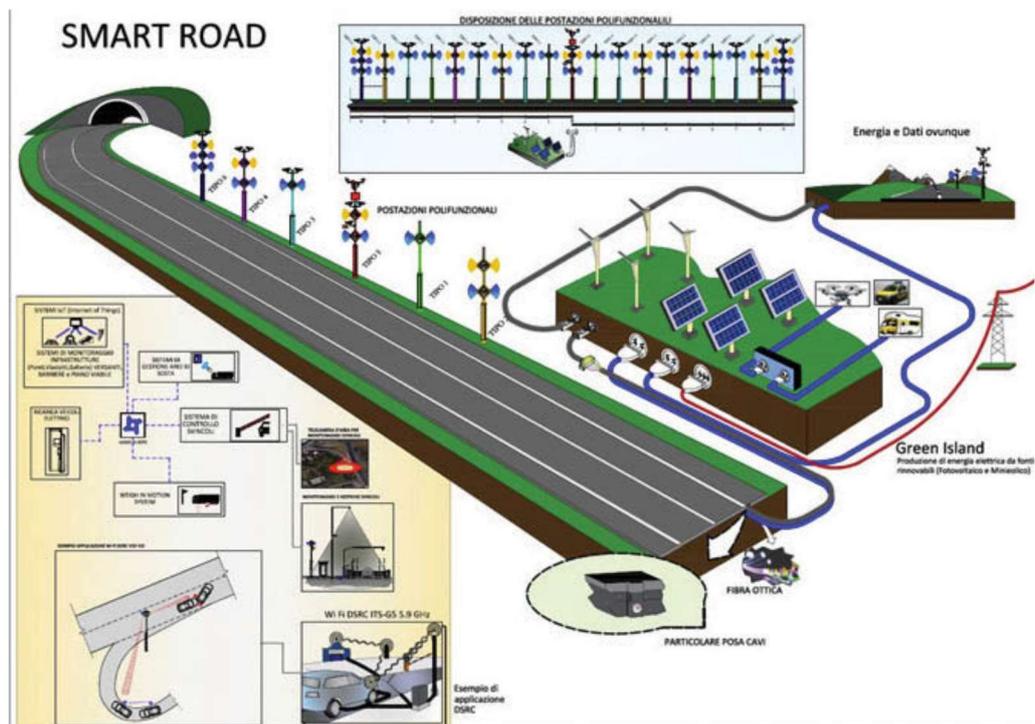
Il progetto Smart Road implementa le piattaforme abilitanti basate sui seguenti elementi principali:

- Sistema di comunicazione
- Sistema energia
- Corsia dinamica
- Metodologia Smart Tunnel
- Internet of Things (IoT)

- Open data e Big data



Di seguito si analizzano i due principali sistemi che, garantendo la comunicazione e connessione V2X, possono configurarsi come le dotazioni tecnologiche e digitali necessari per l'implementazione della mobilità autonoma e connessa in contesto reale urbano a traffico misto. Difatti, si ricorda essere fondamentale la capacità di comunicare, quindi connettersi, tra veicoli a guida autonoma, infrastruttura e gli altri utenti al fine di garantire il massimo livello di sicurezza.



### 3.1.1.1. Sistema di comunicazione

Il punto centrale della visione è la connettività tra utenti, veicoli e infrastrutture. La connettività, efficiente di dispositivi personali e dei veicoli, è condizione essenziale per le strade digitali attraverso reti di comunicazione senza soluzione di continuità che connettono persone e veicoli.

Tale condizione è fondamentale per iniziare la transizione alla mobilità autonoma, in quanto gli consentirebbe di 'navigare' in sicurezza in un contesto urbano con utenti misti.

Il sistema di comunicazione, dunque, riveste un ruolo fondamentale al fine di garantire:

- La connettività delle persone e degli strumenti informatici;
- La connettività dei veicoli;
- La connettività delle infrastrutture.

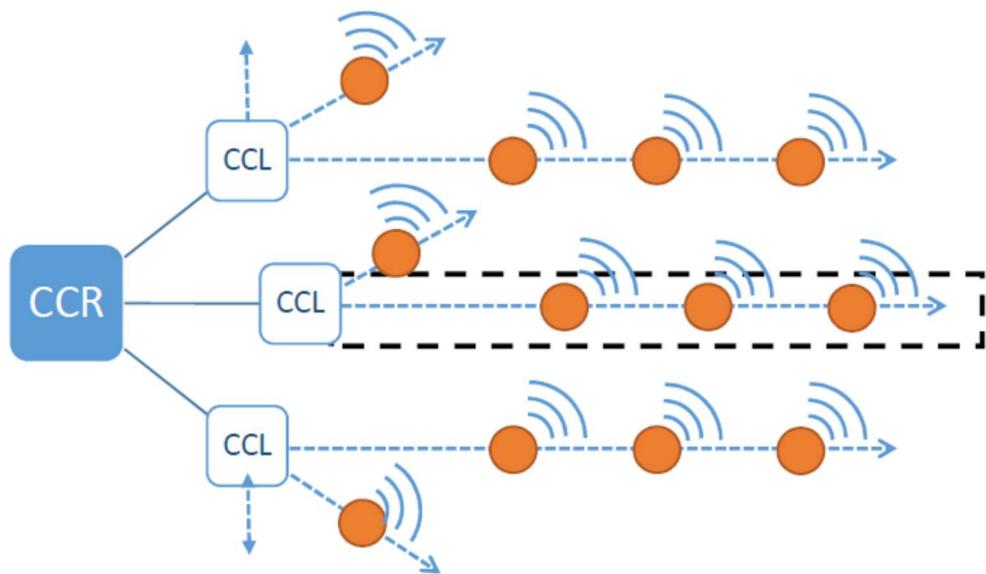
Per raggiungere questo obiettivo, la rete di telecomunicazione prevista, intesa come sistema integrato di connettività, è realizzata tramite diversi tipi di sistemi di comunicazione e centri di controllo. Questi sono:

1. Sistema a fibra ottica attraverso una rete Wired di tipo IP-MPLS (Multi Protocol Switching Label).
2. Due sistemi wireless:
  - Wifi in motion per connettere infrastrutture e dispositivi personali;
  - Wi-Fi DSRC (*Dedicated Short Range Communication*) per la connettività V2I (*Vehicle to infrastructure*).
3. Sistema di controllo ed elaborazione locale (CCL) ed un sistema di controllo centrale (CCR).

L'infrastruttura di rete descritta, è strutturata in modo da fornire dei moduli, definiti segmenti di *Green Island\*\**, allo stesso tempo indipendenti ed interconnessi:

Secondo Anas Spa, l'infrastruttura deve essere modulare e scalabile in modo da avere la possibilità di espandere la rete stradale con nuovi tratti stradali o infrastrutture e la possibilità di collegarli con sistemi tecnologici su scala più ampia, al fine di creare una rete geografica integrata.

L'infrastruttura di rete richiede la realizzazione di due sistemi di elaborazione uno locale ed uno da centro di controllo. Il sistema locale è basato su un'infrastruttura *server* dedicata; tale infrastruttura *server* dovrà essere distribuita in modo da realizzare un sistema 'Multicentrico', resiliente ed in grado di funzionare indipendentemente dal sistema di centro. L'infrastruttura di centro, è adibita a raccogliere il traffico proveniente dai segmenti di rete in campo e di fornire un sistema centralizzato di controllo e di interconnessione con i Sistemi Informativi.



40. Schema esemplificativo del sistema di comunicazione

### 3.1.1.2. Sistema Wired

Il sistema di trasmissione dati rappresenta l'infrastruttura fisica che ha lo scopo di connettere gli apparati installati lungo la tratta autostradale in maniera *full duplex* con il Centro di Controllo Remoto (CCR) garantendo la trasmissione delle informazioni (dati, video, voce).

L'architettura della rete è costituita da un Nodo di Centro (NC) collocato presso il CCR, collegato mediante una dorsale costituita da più anelli in fibra ottica ai vari Nodi di Segmento (NS) facenti riferimento a ciascuna 'Green Island'. Ciascun NS è costituito da un Router di Segmento (RS) ridondato che consente il collegamento del segmento alla dorsale, e da più *switches* collegati tra loro in rete mediante un anello in fibra ottica (anello di segmento).

Tale sistema è suddiviso in due blocchi logici costituiti da:

- Infrastruttura passiva, rappresentata dal mezzo fisico trasmissivo (fibra ottica);
- Infrastruttura attiva, rappresentata dalla componentistica elettronica che si occupa dell'acquisizione dati rilevati dalle periferiche di campo e di inviarli a destinazione secondo gli standard di comunicazione. Fanno parte dell'infrastruttura attiva i router, gli *switch* ed i server con funzione di *gateway*.

L'infrastruttura complessiva è realizzata suddividendo, dal punto di vista logico, la rete in due diverse tipologie distinte: Dorsale e Rete di segmento o di 'Green Island'.

### 3.1.1.3. Sistemi Wireless

Il sistema di telecomunicazione *Wireless* prevede due sistemi distinti che collegheranno utenti in movimento e veicoli e con le infrastrutture.

#### 1. Wi-Fi in motion

*Wi-Fi in motion* sarà utilizzato per applicazioni C-ITS e sfrutta l'ampia diffusione dei dispositivi mobili personali, ovvero di tutti quei dispositivi elettronici che sono pienamente utilizzabili seguendo la mobilità dell'utente quali telefoni cellulari, palmari, smartphone, tablet usufruendo delle informazioni generate dai sensori presenti negli stessi (accelerometro, giroscopio, magnetometro, sensore di prossimità, barometro, luminosità, termometro, umidità, pedometro, ecc.) ma soprattutto delle funzioni proprie dell'oggetto, quali la telefonia e la messaggistica vivavoce, attraverso APP per l'erogazione di servizi di info mobilità e di sicurezza stradale. Anas ha infatti deciso di creare una rete Wi-Fi dedicata per garantire la connessione fino a una velocità del veicolo di 130 km/h che consente ai dispositivi mobili degli utenti di connettersi a una rete intranet dedicata ai soli servizi Smart Road. L'utente che percorre la strada riceverà le informazioni opportune, in tutta sicurezza e senza distrazioni, in modalità vivavoce: in questo modo, il mobile device assume il ruolo di *On Board Unit* (OBU). Altre funzioni, eventualmente fruibili dalla rete Wi-Fi, saranno invece consentite solamente a veicolo fermo.

La rete Wi-Fi sarà composta dai seguenti elementi:

- *Centro di Controllo di Rete locale* (CCL): ubicato in ogni sito Green Island, svolge la funzione di nodo centralizzato di gestione e controllo per tutta la rete Wi-Fi.
- *Access Point Wi-Fi*: è il dispositivo che permette ai client di collegarsi alla rete wireless. L'Access Point dovrà essere predisposto per il collegamento alla rete cablata in Fibra ottica (AP Wired) attraverso il nodo secondario oppure via radio agli altri Access Point (AP mesh); l'Access Point è l'elemento della rete che realizza la copertura radio Wi-Fi in banda 2,4 GHz.

#### 2. Wi-Fi DSRC

Il secondo sistema wireless DSRC (*Dedicated Short Range Communication*) è per la comunicazione tra veicoli e con l'infrastruttura nell'ambito dei servizi di sicurezza e si basa su standard ETSI ITS-G5.

Le tecnologie V2I hanno il principale obiettivo di prevenire gli incidenti stradali causati da errori e distrazioni del guidatore, grazie alla capacità di riconoscere le situazioni di possibile collisione e potenziali pericoli prima di quanto possa fare l'automobilista. Il V2I si basa sullo scambio di informazioni tra veicoli e infrastruttura, la comunicazione sfrutta la tecnologia DSRC per lo scambio di dati come ad esempio la localizzazione di ciascun veicolo, la relativa velocità, direzione ed eventuale decelerazione. I *devices* che permettono la comunicazione con l'utente stradale possono essere installati direttamente

a bordo nel caso di veicoli di nuova produzione o possono essere oggetto di 'aftermarket' nel caso di veicoli già esistenti o, ancora, possono essere utilizzati i dispositivi di comunicazione personali (ad esempio: mobile device, tablet, ecc.).

La comunicazione wireless DSRC è bidirezionale e consente la messaggistica veloce e aggiornate in tempo reale. Proprio questo sistema rappresenta il motore per la rapida diffusione dei sistemi per la guida semiautomatica o autonoma.

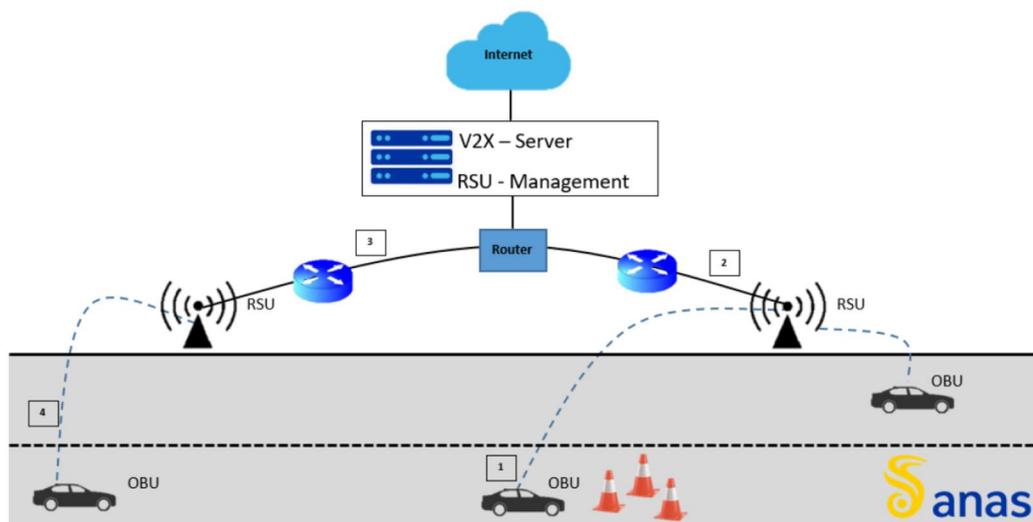
Per supportare la comunicazione V2I e/o V2V e dunque lo scambio di informazioni, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha indicato, in particolare, la necessità di dotarsi di piattaforme integrate di comunicazione basate sugli standard ETSI G5 DSRC. La DSRC comprende le seguenti unità:

- OBU (*On Board Unit*): apparecchiature dotate di antenna destinati per l'uso nei veicoli su strada o ferrovie;
- RSU (*Road Side Unit*): apparecchiature dotate di antenna destinati per l'uso nelle infrastrutture stradali e autostradali. Sono moduli radio utilizzati per la comunicazione tra infrastruttura e OBU dispositivi installati sui veicoli. Ogni RSU oltre ad avere funzioni di trasmettitore e di ricevitore, elabora ed invia dati al centro di controllo di sistema: devono essere predisposte per il montaggio su supporto e devono essere installate ad un'altezza maggiore di 4 m.

Quindi, i due sistemi citati, *Wi-Fi in motion* e *Wi-Fi DSRC*, consentono la comunicazione da V2V e da V2I.

Di recente, l'evoluzione degli scenari veicolari e i requisiti sempre più stringenti per le applicazioni di sicurezza hanno portato l'attenzione di Anas al sistema LTE-V in grado di supportare la comunicazione *Cooperative Vehicle to Everything (C-V2X)* (Huawei, 2016), vale a dire una comunicazione:

- V2V (veicolo-veicolo);
- V2I (veicolo-infrastruttura);
- V2P (veicolo- pedone);
- V2N (veicolo-network).



#### 41. C-V2X Architecture

La tecnologia 5G, prevista con LTE release 15, supporterà la modalità C-V2X grazie ai requisiti minimi di mobilità dinamica e velocità relativa tra veicoli e infrastrutture elevate (500 km / ho 310,6 mph), basse latenze in trasmissione e ricezione ed elevate capacità di rete (multi Gbps) per supportare un volume di traffico intenso (Cisco, 2016). Anas, dunque, ha preso una decisione strategica a favore dell’LTE-V invece all’ETSI G5 802.11p, in quanto oltre a migliorare le caratteristiche elencate per la comunicazione DSRC, consente: una forte riduzione della latenza aumentando la capacità di rete; superiori prestazioni radio, in particolare in uno scenario urbano denso con un gran numero di veicoli e con strade ad alta velocità; rileva utenti fino a un raggio di 500 m; supportare pedoni e ciclisti grazie alla penetrazione del sistema di comunicazione in smartphone.

Anas sta effettuando test riguardanti il sistema di connettività Wi-Fi in *motion* e LTE-V (LTE-Vehicle) in evoluzione verso il sistema 5G (Ericsson, 2016), sull’autostrada A2 del Mediterraneo e sull’autostrada A91 (Roma-FCO).

Una necessità la tecnologia di connessione di ultraveloce 5G che, come precedentemente discusso, è ampiamente riscontrata nelle indicazioni dell’UE e nel recente *Recovery plan* nazionale lungo i corridoi di trasporto europei e le infrastrutture stradali.

#### 3.1.1.4. Centro di Controllo

Per la gestione dell’intera infrastruttura sono previsti due diversi livelli di Centro di Controllo:

- CCR che corrisponde alle funzioni di RMT (*Road Management Tool*) erogate o centralmente o presso le sedi territoriali in cui è installata la piattaforma software per la gestione e controllo della rete cablata IP-MPLS di dorsale;

- Centro di Controllo Locale (CCL) in cui è ubicato il *Data center* e le apparecchiature e i dispositivi per la produzione, distribuzione, trasformazione e storage dell'energia elettrica.

Tutti gli applicativi software dei diversi apparati presenti in campo dovranno comunicare con il CCR e con il sistema RMT in modo da rendere possibile la gestione da remoto dei vari sistemi. In ciascuna 'Green Island' sarà realizzato un CCL, interconnesso con il CCR ed il sistema RMT.

### 3.1.1.2. Sistema energia

L'architettura del sistema energia prevede apposite aree denominate *Green Island*, siti di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili, quali fotovoltaico e mini-eolico, che permetterà un'alimentazione autonoma dell'infrastruttura attraverso un sistema elettrico di distribuzione che massimizza il rendimento energetico, garantendo minori costi di gestione. Il sistema energia svolge le seguenti funzioni:

- *Generazione*: realizzata prevalentemente con un impianto fotovoltaico ed eventualmente mini eolico di potenza variabile, integrato con un sistema di accumulo in grado di garantire continuità di alimentazione durante le ore di mancata produzione.
- *Centrale tecnologica*: locale che ospita le apparecchiature di trasformazione, conversione, regolazione o smistamento dell'energia elettrica.
- *Distribuzione*: suddivisa in locale, per i carichi presenti all'interno della Green Island, come la ricarica di veicoli elettrici, droni e mezzi per la logistica, e in itinere per l'alimentazione dei carichi distribuiti lungo la tratta stradale/autostradale del modulo considerato. Lungo la strada, invece, l'architettura elettrica prevede un sistema di distribuzione adatto ad alimentare tutte le tecnologie della *Smart Road*, tra cui le cosiddette 'postazioni polifunzionali', di seguito analizzate.

### 3.1.2. Concept della Smart Road

Nello sviluppo della Smart Road, le componenti essenziali per l'interconnessione del veicolo e dell'infrastruttura si ricorda essere l'OBU e la RSU.

Lo Studio Associato Carlo Ratti ha sviluppato per Anas S.p.a. il concept dell'RSU (in figura). Questo si configura come una postazione polifunzionale, modulare e flessibile, che contiene i dispositivi/apparecchiature necessarie per l'erogazione delle famiglie di servizi richiesti dalla Smart Road (Ambiente, Sicurezza, Connettività, Informazioni, ecc.) con una rete di sensori per monitorare il traffico e le condizioni meteorologiche.

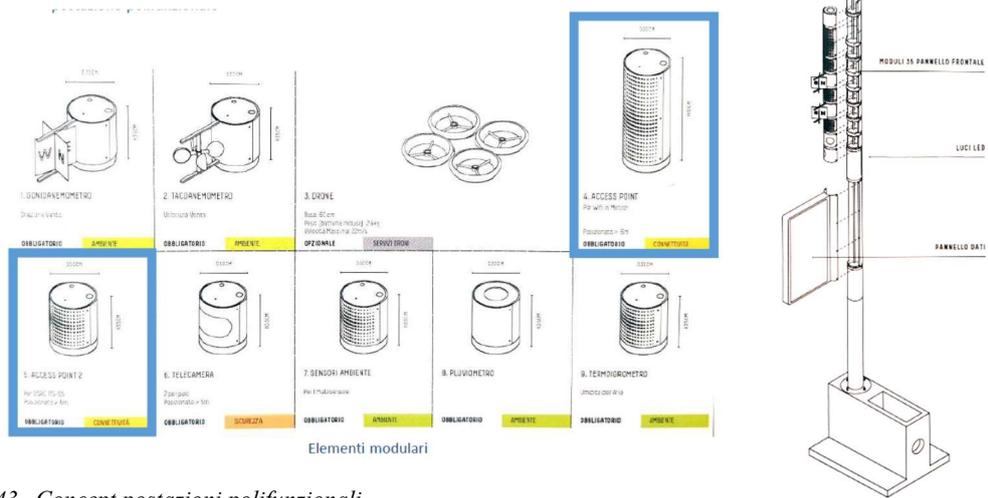
I servizi obbligatori sono la connettività per l'utente ed i veicoli e la videosorveglianza con funzioni avanzate, erogate attraverso AP (*access points*) e telecamere, mentre i servizi opzionali saranno resi possibili attraverso l'installazione di diversi apparecchiature (sensori d'ambiente, il pannello informativo, i droni ecc.). La composizione di moduli destinati a servizi obbligatori e moduli destinati a servizi opzionali garantisce flessibilità e variazione nella composizione della postazione polifunzionale.

La postazione polifunzionale è composta da:

- un plinto in calcestruzzo prefabbricato con pozzetto di alloggiamento per componentistica di distribuzione e tirafondi per ancoraggio modulo di base della postazione polifunzionale;
- un modulo di base h 200 con integrata piastra di fissaggio;
- un fusto che consente il posizionamento univoco degli elementi modulari e il passaggio dei cavi di alimentazione e connessione (elettrici e fibra ottica), allacciati ai moduli attraverso apposite asole;
- gli elementi modulari impilati lungo il fusto strutturale e connessi tra di loro per garantire la rigidità richiesta;
- gli elementi led posti a separare le ‘famiglie’ di moduli installate sulla postazione polifunzionale.



42. Concept della Smart Road



43. Concept postazioni polifunzionali



44. Visione d'insieme del progetto Smart Road di Anas S.p.a.

### 3.2. Trikala, Grecia

La sperimentazione a Trikala, in Grecia, ha visto per la prima volta la tecnologia senza conducente testata nelle strade pubbliche, per il trasporto passeggeri nel centro della città; essa è parte del progetto europeo *CityMobil2*<sup>60</sup>, finanziato dall'UE (UE).

#### *Breve nota sul Progetto europeo CityMobil2*

*CityMobil2* è un progetto di ricerca il cui obiettivo principale era rimuovere gli ostacoli alla distribuzione di un autobus completamente automatizzato in area urbana. La durata del progetto è stata di 48 mesi (2012-2016). *CityMobil2* è stato il seguito del progetto *CityMobil* (2006-2011). *CityMobil* ha dimostrato come l'automazione dei veicoli stradali potrebbe portare a diversi concetti di trasporto (schemi di car sharing parzialmente automatizzati, CyberCars, PRT e BRT), che possono rendere la mobilità urbana più sostenibile. *CityMobil2* ha riunito 12 città, ognuna delle quali ha indagato su dove gli AV pubblici condivisi potessero fornire un servizio di trasporto benefico. Di seguito viene mostrata la mappa dei siti dimostrativi del progetto *CityMobil2*<sup>61</sup>.



<sup>60</sup> CityMobil2 Project <https://cordis.europa.eu/project/id/314190/it>

<sup>61</sup> Le showcase (arancione e verde) sono mostre di 2-3 giorni mentre le dimostrazioni sono suddivise in piccole dimensioni (azzurro) che durano fino a 4 mesi e grandi dimensioni (blu).

In tal contesto, il sistema di trasporto stradale automatizzato (ARTS) prevedeva l'uso di veicoli stradali completamente automatizzati, controllati da un sistema di gestione della flotta centralizzato e interagenti con l'infrastruttura. Tale sistema può fornire servizi programmati, su richiesta o porta a porta su una specifica infrastruttura stradale segregata, dedicata o condivisa con altri utenti della strada. Lo scopo era di integrare il trasporto di massa per il primo / ultimo miglio di un viaggio.

*CityMobil2* ha identificato tre livelli di infrastrutture stradali differenti: segregata, dedicata e condivisa (Alessandrini, 2016). Poiché la maggior parte delle dimostrazioni *CityMobil2* dovevano essere svolte in aree urbane, l'uso di infrastrutture segregate o dedicate è stato raccomandato alle città e implementato come tale nelle dimostrazioni. La maggior parte delle città ha deciso di privilegiare infrastrutture dedicate. La raccomandazione in questo caso era di identificare chiaramente questa infrastruttura come dedicata ai veicoli autonomi per garantire che fosse chiara per tutti gli altri utenti della strada.

Fino al 2015 gli AV sono stati testati solo in guide completamente separate dal traffico, o in presenza di un guidatore dotato di attrezzatura completa per il controllo del veicolo (volante, pedali ecc.) (CityMobil2, 2016). Pertanto, le domande riguardanti la loro interazione con altro traffico motorizzato o non motorizzato o l'atteggiamento delle persone nei confronti della modalità di guida completamente automatizzata erano ancora senza risposta. Ad agosto 2015, piccoli autobus elettrici senza conducente iniziano a circolare per la prima volta nel traffico misto, senza trasportare apparecchiature di controllo del veicolo, nel comune di Trikala in Grecia. La città ha organizzato una sperimentazione di 4 mesi di minibus autonomi per il trasporto passeggeri in centro città.

La dimostrazione ha cercato di illustrare le possibilità tecnologiche nella mobilità senza conducente, nonché di dimostrare che la città ha le competenze per applicare con successo tale innovazione, dove e in che modo coinvolgerla attivamente nelle pratiche quotidiane di mobilità urbana.

La dimostrazione è stata considerata piuttosto di successo<sup>62</sup> e l'atteggiamento del pubblico, quindi il consenso sociale, è stato in modo nettamente positivo (Alessandrini, 2016).

### 3.2.1 Il contesto

Trikala si trova nella regione della Tessaglia nella Grecia centrale e ha una popolazione di 81.355 abitanti (2011)<sup>63</sup> e si estende su una superficie di 608,48 km<sup>2</sup>. È il principale centro finanziario, commerciale e operativo della prefettura e ospita diversi dipartimenti universitari. È una delle città più innovative in Grecia, portando avanti con successo una vasta gamma di progetti per lo sviluppo intelligente e sostenibile attraverso innovazioni dirompenti<sup>64</sup>. L'autorità incaricata dell'attuazione di questo tipo di progetti era 'E-

---

<sup>62</sup> National Geographic News (2016): "Watch a Driverless Bus Putter Through the Streets"  
<https://www.nationalgeographic.com/history/article/160325-self-driving-bus-automation-video>

<sup>63</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Trikala>

<sup>64</sup> <https://trikalacity.gr/en/smart-trikala/>; <https://www.urenio.org/2018/09/05/trikala-greeces-first-smart-city-offers-cause-for-optimism/>

Trikala SA', in stretta collaborazione con l'ufficio dell'informazione della direzione del comune di Trikala.

Dopo aver intrapreso le sue prime iniziative nel 2004, in un'era piuttosto analogica per il paese, la città di Trikala è stata nominata 'la prima città digitale della Grecia'<sup>65</sup>. La città è stata inclusa anche nella rete *Smart21 dell'Intelligent Community Forum* (ICF) per tre anni successivi 2009, 2010 e 2011 (ICF, 2017; Anthopoulos, 2019).

A Trikala vengono compiuti notevoli sforzi per sostenere la mobilità sostenibile. In particolare, le pratiche di mobilità coinvolgono il ciclismo in misura significativa, stabilendo così una sorta di cultura della bicicletta. Allo stesso tempo, è stata condotta un'ampia gamma di progetti sulla materializzazione delle mobilità intelligenti (sistema di analisi dei dati sul traffico intelligente, informazioni in tempo reale sul traffico degli autobus ecc.)<sup>66</sup>. Inoltre, Trikala è una delle prime città in Grecia in cui le mobilità locali è stata pianificata utilizzando il concetto di nuova concezione del 'Piano di mobilità urbana sostenibile' (SUMP), invece di un piano del traffico convenzionale, seguendo un approccio di pianificazione molto più olistico e orientato alla sostenibilità. Pertanto, anche la dimostrazione potrebbe essere considerata parte di questa propensione all'innovazione.

La rete stradale della città è di forma radiale che si estende dal centro della città, ostruita da una linea ferroviaria e da un fiume che scorre attraverso il centro della città. Nelle ore di punta, il traffico è composto per il 66% da veicoli privati, per il 4% da autobus, per il 4% da taxi, per il 9% da camion, per l'8% da motociclette e per il 9% da biciclette. A Trikala, la mobilità dipende in gran parte dall'uso dell'auto individuale, con circa 50.000 proprietari di auto registrati nel comune. Ciò ha un impatto negativo sull'ambiente, provoca un traffico intenso nel centro della città, ma anche, e soprattutto, ha un impatto sociale: le persone che vivono nelle aree rurali e non possiedono un'auto trovano sempre più difficile spostarsi verso il centro cittadino dove si raccolgono i servizi essenziali, vista la limitata offerta di trasporto pubblico<sup>67</sup>.

Uno dei principali problemi che la città deve affrontare è il fatto che non ci sono collegamenti di trasporto pubblico dello storico quartiere 'Varoussi' con il centro commerciale della città, che ospita il terminal centrale degli autobus, le strutture commerciali e ricreative, la pubblica amministrazione e le strutture sanitarie per la cittadini. Il trasporto pubblico non è consentito nel quartiere Varoussi, quindi questo crea problemi ai viaggiatori dell'ultimo miglio che vivono in questa zona e nei quartieri adiacenti. Considerato il suo interesse per le tecnologie innovative in generale, il Comune di Trikala ha voluto ospitare la sperimentazione dei minibus autonomi per il trasporto passeggeri, anche per aumentare la visibilità della città come città 'digitale' con un alto tasso di adozione delle ICT (*Information Communication Technology*).

---

<sup>65</sup> <https://www.intelligentcitieschallenge.eu/cities/trikala>

<sup>66</sup> <https://www.e-trikala.gr/our-eu-projects/>

<sup>67</sup> <https://ruralsharedmobility.eu/demonstrators/trikala/>



45. Timeline progetto Trikala

### 3.2.2 La sperimentazione e il percorso

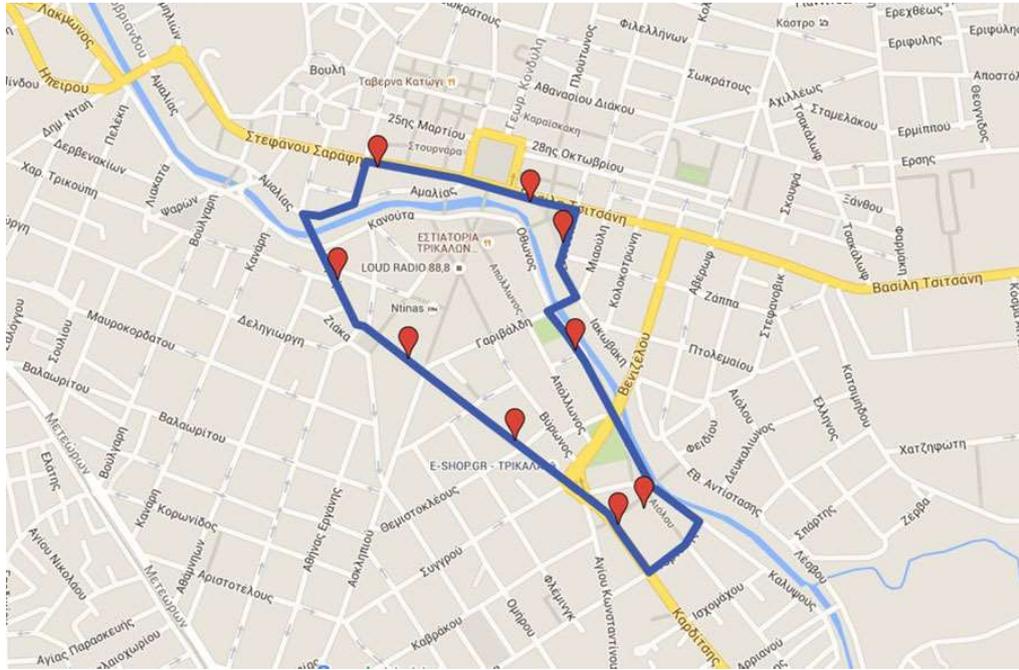
I veicoli autonomi sono stati pensati per servire il trasporto dell'ultimo miglio nel centro della città, servendo aree che sono vitali per la funzione quotidiana della città, vale a dire, il centro storico, il mercato commerciale locale, il mercato periodico all'aperto centrale, le banche, servizi e punti di interesse vari per cittadini e visitatori, senza aggiungere inquinamento.

La dimostrazione si è svolta tra agosto 2015 (periodo di pre-test), iniziando ufficialmente il 10 novembre 2015 ed è durata fino al 29 febbraio 2016. Oltre all'operatore nel centro di controllo, a bordo dei minibus inizialmente c'era un operatore, che si mescolava ai passeggeri, ma in seguito l'operazione è stata completamente senza pilota. Il ruolo di questo operatore era quello di supervisionare e intervenire, solo in caso di deviazione o malfunzionamento del sistema.

Il percorso, ad anello di 2,4 km, è stato progettato per essere servito dai sei minibus autonomi con una capacità di 11 passeggeri (6 seduti, 4 in piedi e 1 su sedia a rotelle) nel centro della città, attraversando il fiume in due punti; mirava ad attrarre viaggiatori dell'ultimo miglio, servire gli abitanti della zona di Varoussi e collegare punti chiave tra cui il terminal centrale degli autobus, la piazza centrale e il ponte, il centro commerciale della città e gli edifici dei servizi pubblici (principalmente legati alla salute). Il percorso attraversava zone pedonali, piste ciclabili, normali strade cittadine, comprese strade con traffico intenso nelle ore di punta e diversi incroci.

I veicoli hanno operato in una corsia dedicata insieme ad altri utenti della strada, inclusi automobilisti, pedoni e ciclisti. C'erano sei fermate, comprese le fermate al terminal degli autobus urbani e un parcheggio sotterraneo. Tutte le fermate dei minibus erano situate vicino alle principali località turistiche della città.

I minibus hanno completato 1490 viaggi durante il periodo della dimostrazione. I minibus hanno percorso 4030 km trasportando 12.138 passeggeri (fino a 700 passeggeri giornalieri, con una media di 8,15 passeggeri per viaggio (Alessandrini, 2018).



46. Itinerario del minibus autonomo a Trikala



47-48. Segnaletica stradale di corsia dedicata a Trikala



Robosoft vehicle in Trikala



49-50. Shuttle autonomo in esercizio a Trikala

### 3.2.3 Adeguamenti infrastrutturali

La pianificazione e la preparazione della dimostrazione non è stato di certo un compito facile. Ciò ha comportato l'infrastruttura necessaria per gli autobus per muoversi e comunicare con il centro di controllo, nonché la comunicazione della dimostrazione alla società locale e alle parti interessate.

Un limite di velocità di 30 km / h è stato imposto a tutti i segmenti stradali lungo il percorso. È stata implementata una corsia dedicata agli autobus di 2,5 m di larghezza, contrassegnata con segnaletica orizzontale e segnaletica speciale con diversi colori sulla superficie stradale, e separata utilizzando gli occhi di gatto e segregatori del traffico, che 'intervenevano' anche nell'ambiente visivo e fisico esistente della strada il meno possibile (Alessandrini, 2018).

Gli occhi dei gatti sono stati utilizzati in tutti gli incroci per delineare il percorso dell'autobus e sono stati installati (nuovi o modificati) semafori intelligenti per dare priorità ai minibus rispetto ad altri veicoli e mantenerli in comunicazione con il centro operativo di controllo. Lungo il percorso sono state realizzate nove nuove fermate dell'autobus, specifiche per i minibus. In più punti del percorso sono stati posti cartelli informativi per informare conducenti e cittadini sulla manifestazione e sulle specifiche restrizioni imposte. La figura seguente mostra la corsia dedicata per i veicoli e il segnale stradale dedicato alle fermate.



51. Delimitazione corsia dedicata e segnaletica stradale

Tutti i parcheggi su strada lungo il percorso sono stati rimossi, per facilitare la circolazione dei minibus. Lungo il percorso sono stati posizionati appositi cartelli stradali e bandiere contenenti il logo e il motto del progetto per vietare il parcheggio e per indicare il percorso utilizzato dal minibus nel periodo della manifestazione.

Sono stati costruiti e messi in funzione un deposito centrale per il parcheggio e la ricarica dei minibus e un centro di controllo. Il centro di controllo ha consentito il monitoraggio a distanza dei minibus da parte di operatori appositamente formati che potevano dialogare con il veicolo e intervenire in caso di emergenza.

Un'altra parte fondamentale per realizzare dimostrazione sono state le strutture IT, poiché dovevano fornire una connessione ad alta velocità e senza interruzioni tra

veicolo, operatore remoto e semafori intelligenti. Nonostante il fatto che tali strutture siano generalmente considerate infrastrutture ‘morbide’, si potrebbe sostenere che in quel caso costituissero invece la parte ‘difficile’. In particolare, il sistema è stato progettato per offrire una capacità e una velocità di trasmissione dei dati molto elevate per garantire il massimo livello di sicurezza possibile.



52. E-Trikala S.A. (2015): Foto della sperimentazione CityMobil2

Questa decisione è stata presa anche al fine di promuovere l’obiettivo del progetto di stabilire, come accennato in precedenza, una ‘cooperazione continua (del veicolo) con l’infrastruttura’ (CityMobil2, 2016). L’infrastruttura IT era costituita da una rete in fibra ottica (velocità massima 1 Gbp / s) con 30 punti di accesso Wifi, che collegavano il bus con il centro di controllo e i semafori. In particolare, l’autobus era in costante collegamento con un punto di accesso e quest’ultimo trasmetteva le informazioni al semaforo più vicino e al ‘controllore’ in remoto. L’attrezzatura degli autobus consentiva al ‘controllore’ in remoto di fare esattamente ciò che sarebbe stato in grado di fare se fosse stato a bordo. Quando si trovava di fronte a qualsiasi oggetto che potesse trovarsi appena vicino al suo percorso, l’autobus gradualmente diminuiva la sua velocità da quella operativa di 16 km/h ad 1 km/h per essere completamente sicuro che la strada fosse libera.

Il 26 novembre, nonostante la fitta rete di punti di accesso wifi, l’autobus ha perso una volta la connessione con il satellite. Ciò è attribuito al fatto che in ambiente urbano un numero enorme di ostacoli può intervenire tra un oggetto e il satellite. Quando il bus ha perso la connessione, ha iniziato a spostarsi verso destra e si è fermato automaticamente dopo aver superato il limite di sicurezza laterale di 10 cm. L’autobus era anche dotato

di sensori di rilevamento ostacoli, quindi nel caso in cui un pedone o un ostacolo fosse in arrivo si sarebbe fermato anche prima.

La sperimentazione ha fornito alla città di Trikala molte infrastrutture materiali e di conoscenza. Uno di questi elementi è l'ex corsia dedicata agli *shuttle* autonomi del centro, trasformata in pista ciclabile, arricchendo così l'infrastruttura ciclistica della città. Sulla scia dell'innovazione, la città di Trikala ha poi preso parte ad un altro progetto europeo sulla guida automatizzata – AVINT – ancora in corso di realizzazione.

### 3.3. La Rochelle, Francia

#### 3.3.1 Il contesto

Situata tra Nantes e Bordeaux, a 480 km da Parigi, sulla costa atlantica francese, *La Rochelle Urban Community* è una conurbazione di medie dimensioni amministrativamente attaccata alla regione Poitou-Charentes e al dipartimento della Charente-Maritime. La Comunità Urbana di La Rochelle comprende 28 comuni intorno al centro della città, La Rochelle (74.880 abitanti). In totale, la sua popolazione ammonta a 164.332 abitanti (2013)<sup>68</sup>. La stazione ferroviaria 'Gare de La Rochelle' offre collegamenti con Bordeaux, Nantes, Poitiers, Parigi e diverse destinazioni regionali.

Dagli anni '70, ancor prima che lo 'sviluppo sostenibile' fosse un concetto ben noto, La Rochelle si è impegnata per il miglioramento della qualità della vita con aree verdi aperte, strade pedonali e condivisione di biciclette.

All'inizio del secolo, ha lanciato nuovi progetti e iniziative, in particolare un servizio di consegna di merci tramite veicoli elettrici, un sistema di *car sharing* elettrico e persino navetta elettriche solari per il trasporto di passeggeri attraverso il porto cittadino. Tradizionalmente ricettiva agli scambi e alle nuove idee nei settori della mobilità, dell'urbanistica e della vita comunitaria, La Rochelle si è avventurata in progetti europei, principalmente nel campo del trasporto sostenibile.

Il primo segnale verso l'automazione nel trasporto è stato dato dalla vetrina - nell'ambito del progetto *CityMobil* - che è stata presentata nel settembre 2008 nel centro della città. Questa dimostrazione a breve termine, svolta a circuito chiuso, ha avuto un forte impatto sia sugli abitanti di La Rochelle che sui responsabili politici locali. Gli obiettivi di questa dimostrazione corrispondevano perfettamente all'agenda politica di La Rochelle in materia di innovazione e mobilità pulita, ovvero mantenere La Rochelle in prima linea nell'innovazione nei trasporti e nello sviluppo sostenibile (Graindorge, 2016).

Questo è il motivo per cui i responsabili politici locali di La Rochelle hanno deciso di continuare verso la stessa direzione, candidandosi come potenziale sito per il progetto *CityMobil2*, nell'ottica anche di ottimizzare il funzionamento del trasporto pubblico con il sistema di trasporto stradale automatizzato offrendo un servizio di qualità all'interno del territorio, contribuendo ad aumentare la quota modale del trasporto pubblico e fornendo una opzione di 'ultimo miglio'.

---

<sup>68</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/La\\_Rochelle](https://en.wikipedia.org/wiki/La_Rochelle)

### 3.3.2 La sperimentazione e il percorso

Lo studio della città svolto durante la prima fase del progetto *CityMobil2* mirava a realizzare un'analisi dettagliata delle esigenze di mobilità dei cittadini al fine di identificare le carenze esistenti della filiera della mobilità a cui un accurato concetto multimodale, che coinvolge un sistema di trasporto innovativo, potrebbe rispondere. Sono stati individuati diversi siti sul territorio della Comunità Urbana di La Rochelle per ospitare potenzialmente un sistema di trasporto stradale automatizzato. La maggior parte di questi siti con diverse esigenze di mobilità erano ancora in fase di sviluppo sia per quanto riguarda la pianificazione urbana che per il sistema dei trasporti. I principali criteri di confronto sono stati il potenziale orizzonte di implementazione, la fattibilità tecnica a breve termine e la visibilità per sensibilizzare i cittadini su tali sistemi (Alessandrini, 2018).

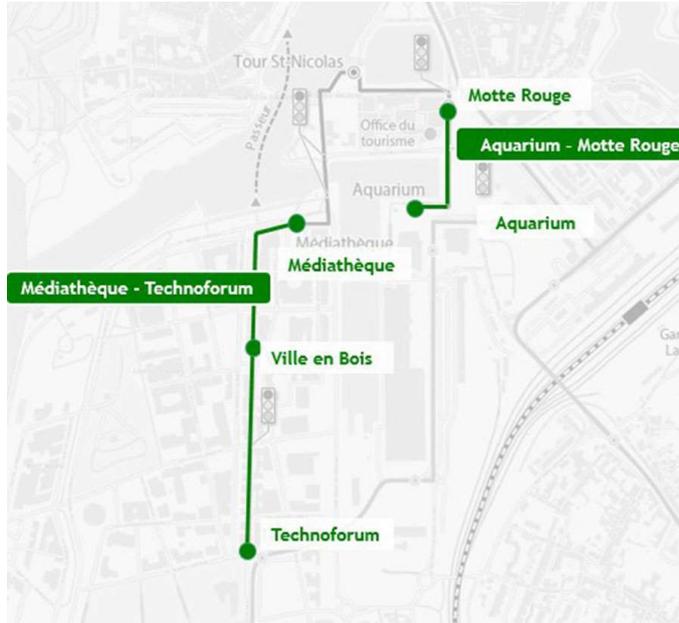
Per gli esperti di *CityMobil2*, La Rochelle sembrava essere, tra i 12 potenziali siti, il luogo più appropriato e pronto per l'implementazione di una sperimentazione su larga scala.

All'interno del centro di La Rochelle, sono stati presi in considerazione diversi potenziali percorsi. Il centro di La Rochelle è un'area densa che combina una varietà di funzioni con molti attrattori e generatori di traffico, con strade strette a senso unico, vie di risalita diverse e incroci complessi ma comunque adatto per piccoli veicoli automatizzati. Il percorso, dunque, è stato scelto per la sua fattibilità tecnica, per la sua posizione centrale, altamente visibile e facilmente accessibile per le persone di La Rochelle.

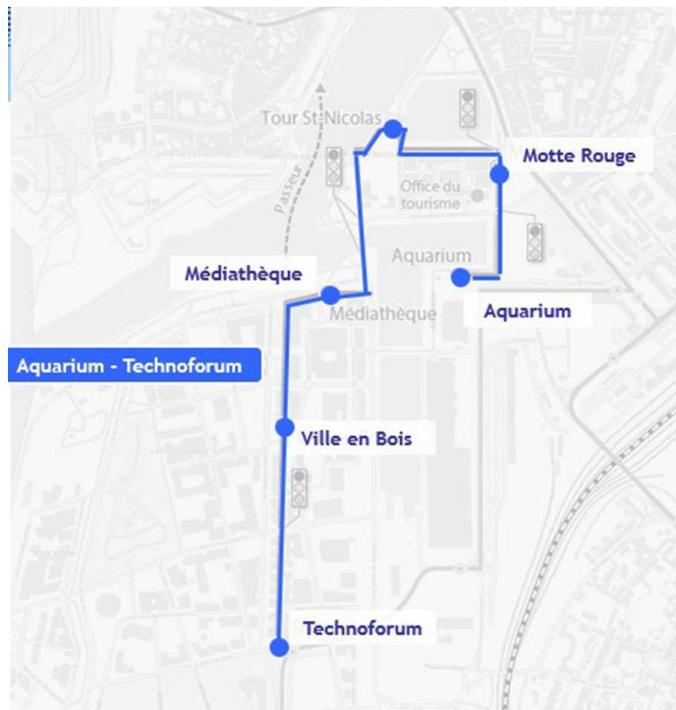
La sperimentazione è avvenuta tra il 17 dicembre 2014 e il 25 aprile 2015.

Il percorso proposto inizialmente prevedeva un tratto tra la stazione ferroviaria principale e l'università (Technoforum) con sei veicoli in esercizio. Successivamente, per diversi motivi tecnici e autorizzativi, è stato scelto un approccio graduale consistente in tre diverse fasi di percorso:

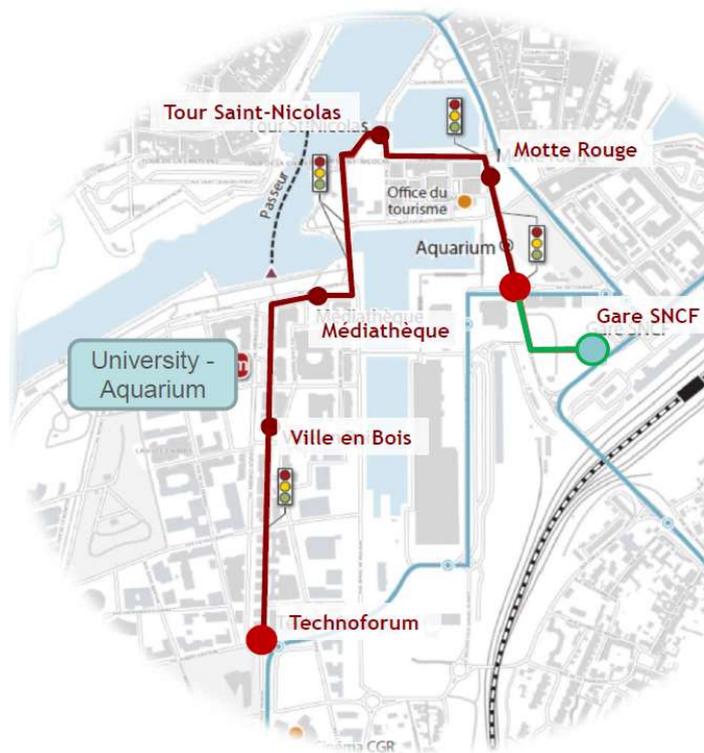
- Fase 1: *Aquarium - Motte Rouge* dal 17 dicembre 2014 al 25 gennaio 2015
- Fase 2: *Technoforum - Médiathèque* dal 26 gennaio 2015 al 3 marzo 2015
- Fase 3: *Aquarium - Technoforum* dal 4 marzo 2015 al 29 marzo 2015



53. Percorso pianificato per fase 1 e fase 2



54 Percorso pianificato per fase 3.



55. Percorso iniziale pianificato



56. Shuttle autonomo utilizzato a La Rochelle

Il quarto e ultimo passaggio (verso la stazione dei treni Gare SNFC) non è mai stato predisposto, secondo un accordo tra il produttore, il coordinatore e i partner locali. Alla fine e nel complesso, il percorso consisteva in un giro di 2,6 km di andata e ritorno nel centro della città di La Rochelle.

Il percorso ha collegato settori con caratteristiche eterogenee, demograficamente e funzionalmente: l'università, la mediateca, biblioteca universitaria, campus universitario di scienze umane e relativo ristorante, e Technoforum (università, uffici amministrativi, negozi e sale conferenze) e il centro cittadino, che ospita un'alta densità di abitanti e lavoratori.

La dimostrazione su larga scala CityMobil2 effettuata a La Rochelle è stata sicuramente un successo, registrando quasi circa 15.000 viaggi passeggeri (14.661 viaggi), 3777 km percorsi dai veicoli, nessun incidente. C'era una buona fiducia nel sistema e una buona convivenza tra i veicoli automatizzati e gli altri utenti della strada, in particolare quelli più vulnerabili, cioè pedoni e ciclisti.

### **3.3.3 Adeguamenti infrastrutturali**

Al fine di garantire un funzionamento efficiente e molto sicuro, sono stati necessari alcuni adeguamenti delle strade (Alessandrini, 2018). Questi adeguamenti hanno riguardato:

- costruzione e installazione/integrazione di piattaforme/stazioni lungo il percorso;
- installazione di dissuasori/barriere per limitare l'accesso alle auto;
- installazione di sei semafori agli incroci dando la priorità al veicolo automatizzato sugli altri veicoli;
- rimozione di un numero significativo di parcheggi su strada;
- realizzazione di segnaletica stradale e segnaletica orizzontale per informare e avvertire gli altri utenti della strada della presenza di una sperimentazione con veicolo automatizzato.

Prima della dimostrazione stessa, sono stati compiuti sforzi per preparare l'arrivo dei veicoli, per valutare l'impatto dei veicoli automatizzati nell'organizzazione del deposito veicoli di Proxiway e per organizzare concretamente l'operazione futura. Il deposito è stato dotato di prese elettriche e contatori aggiuntivi e adeguati per garantire la ricarica dei veicoli. Una riorganizzazione e alcune modifiche sono state necessarie per fornire ai veicoli automatizzati un accesso adeguato. Poiché gli AV erano situati nello stesso deposito di auto elettriche, furgoni elettrici e camion elettrici, i parcheggi sono stati riorganizzati per facilitare l'ingresso/uscita dei AV.

### 3.4. Aalborg East, Danimarca

Aalborg, Danimarca, è una delle prime città al mondo in cui un autobus senza conducente senza pilota ha effettuato un servizio regolare, soprattutto in un percorso condiviso con le bici, ed è stato il primo caso di implementazione in Danimarca.

Il progetto di autobus senza conducente di Aalborg East è inteso a raggiungere un ampio spettro di obiettivi per migliorare la mobilità nell'area, sostenere l'inclusione sociale e favorire maggiori sforzi di rigenerazione urbana, mirando a sostenere la coesione spaziale e migliorare la qualità della vita urbana nell'area (Aalborg Municipality, 2012).

#### 3.4.1 Il contesto

Aalborg East è uno dei sobborghi più grandi e dinamici di Aalborg, a 7 chilometri dal centro della città e appartiene alla regione dello Jutland settentrionale in Danimarca. Vivono circa 15.000 persone, mentre nella parte meridionale è presente il campus principale dell'Università di Aalborg. Sono presenti due centri locali nell'area Planetcentret e Tornhøjcentret, con negozi e strutture ricreative su scala locale. L'area è collegata con il centro città tramite autobus e dista 1,5 km dall'autostrada E45.

L'area è stata costruita per la prima volta a metà del XX secolo per accogliere la crescente popolazione industriale della città (Lanng et al., 2012). Il quartiere è stato costruito principalmente negli anni '60 e '70, e le sue strutture sono dunque caratterizzate dagli ideali urbani funzionalisti dell'epoca, creando un quartiere efficiente dal punto di vista del traffico, ma fisicamente e socialmente fortemente diviso. La segregazione tra usi residenziali e servizi/strutture commerciali è chiara nella maggior parte del distretto. Le strutture e le infrastrutture pubbliche sono molto disperse e sottoutilizzate, quindi non offrono il massimo alla popolazione locale.

Difatti, l'area è suddivisa in funzioni, gli utenti della strada sono separati e molte aree residenziali appaiono come enclave isolate, prive di interconnessione. L'infrastruttura divisa e la distanza tra le diverse funzioni non invitano alla multi modalit  e l'auto viene utilizzata per gran parte dei viaggi. Tuttavia, meno del 50% dei residenti ad Aalborg East ha accesso a un'auto.

L'area del quartiere *Astrupstien* risulta un'area altamente divisa dove abitanti necessitavano di maggiore mobilit , sia sul territorio che per collegarli alle zone circostanti.

Pertanto c'era un ampio desiderio di dare la priorit  a una trasformazione pi  sostenibile al quartiere. Molti sono stati gli investimenti che hanno interessato il settore pubblico come il distretto di un nuovo ospedale universitario, il + Plusbus (un sistema Bus Rapid Transit -BRT), l'espansione delle aree universitarie e commerciali ecc.

Per impostare il quadro per il futuro, lo sviluppo sostenibile di Aalborg East, il comune di Aalborg e Realdania hanno condotto il concorso suburbano 'City in Between' nel 2012, come parte della campagna di Realdania 'Suburbs of the Future'. Qui, l'ambizione era trovare strategie per perseguire una trasformazione urbana del distretto generalmente pi  sostenibile su larga scala.

Dalla proposta vincente del Team "Vandkunsten" al concorso suburbano "City in Between", dove la mobilit  era uno degli 8 principi fondamentali per uno sviluppo

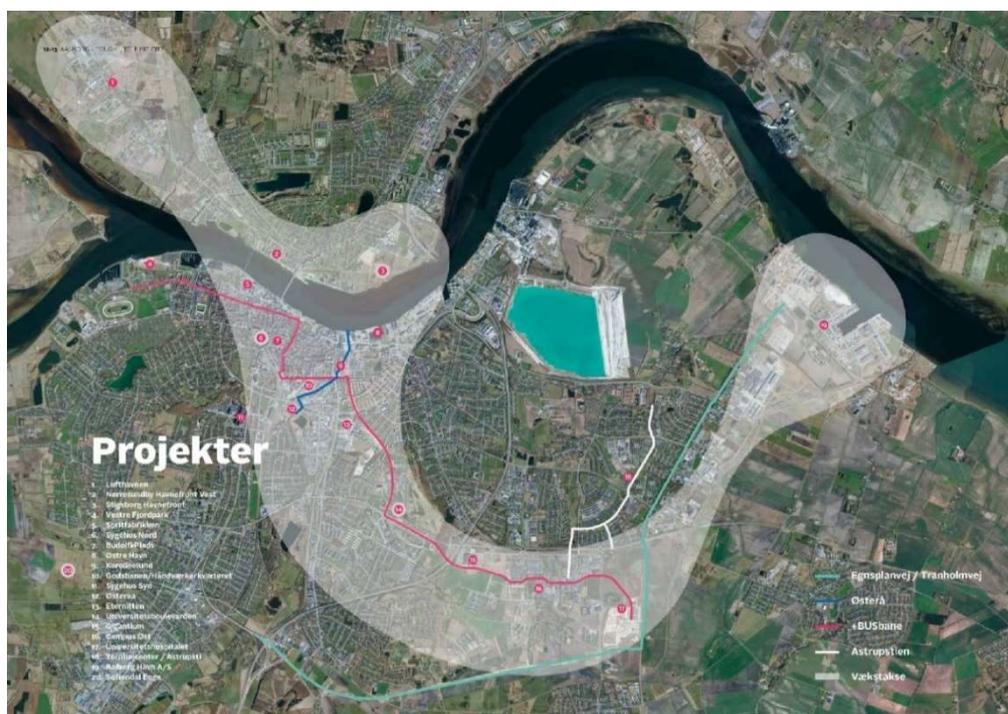
sostenibile del distretto, è emersa una strategia per un nuovo collegamento di collegamento nord-sud ad Aalborg East.

L'idea era di ripensare il percorso esistente *Astrupstien*, che fungeva da collegamento ciclo-pedonale, come nuova strada principale del distretto settentrionale, in parte ruotando gli edifici esistenti 'introversi' verso il percorso e densificando la città attorno a punti selezionati del tratto e in parte stabilendo un nuovo collegamento di trasporto pubblico da/per il distretto.

In precedenza, i trasporti pubblici ad Aalborg East si muovevano in gran parte lungo un asse est-ovest, il che rendeva impossibile un movimento nord-sud all'interno dell'area. I gruppi di popolazione mobile più piccoli erano quindi stati tagliati fuori anche da attività molto ravvicinate e potevano generalmente diventare molto segregati dalla comunità in cui vivevUn più ampio progetto di sviluppo urbano mira a rendere Aalborg East una città più sostenibile e connessa (Aalborg Municipality, 2017), in cui si inserisce la sperimentazione senza conducente. Questo progetto prevedeva la creazione di 3000-4000 nuove abitazioni in diverse fasi, l'arricchimento delle strutture pubbliche (centro sanitario, piscine, ecc.) e la costruzione di un nuovo complesso di uffici. Il percorso di *Astrupstien*, dove attualmente circola l'autobus senza conducente, rappresenta la spina dorsale del quartiere rivitalizzato, mentre il centro locale di Tornhøj rappresenta il nuovo centro locale principale dell'area (Kickstart Forstaden, 2014).

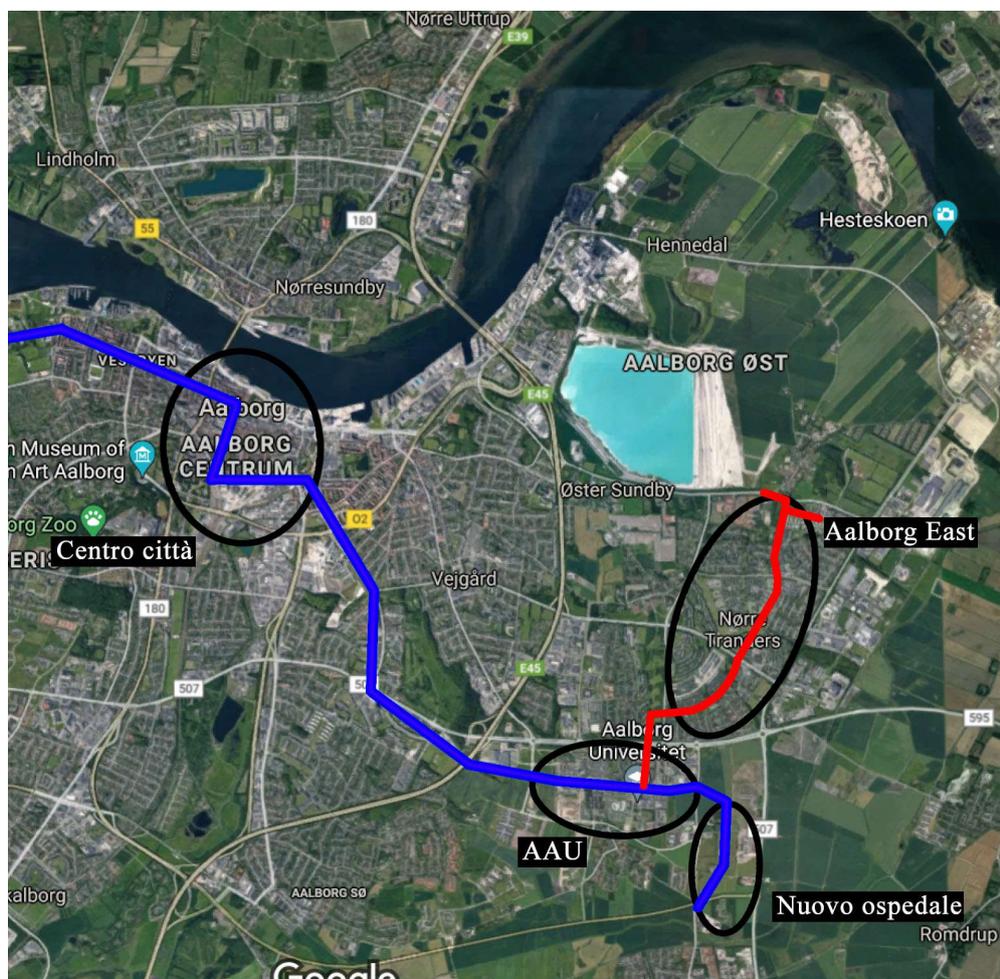


57. Illustrazione del tunnel Humlebakken con lo shuttle autonomo, Team Vandkunsten 2017



58. Infrastruttura in atto per lo sviluppo continuo, Aalborg. Tough little big City (Aalborg Municipality) - in bianco il corridoio di crescita

A sua volta il predetto progetto per Aalborg East fa parte della *Spatial Vision 2025*, che funge da ombrello per tutti i progetti di sviluppo urbano della città (Aalborg Municipality, 2013). Alcuni degli scopi principali della strategia erano migliorare le condizioni di vita e la mobilità nella città, nonché soddisfare la crescente domanda di alloggi (Aalborg Municipality, 2017b). La spina dorsale di questo processo, appunto, è costituito dal ‘corridoio di crescita di Aalborg’, che è l’area che comprende aeroporto, centro città, Università di Aalborg, nuovo ospedale universitario e porto (commerciale) est. Aalborg East è nelle immediate vicinanze del corridoio, quindi può essere ampiamente beneficiato dalle opportunità che questo asse porta.



59. Mappa di Aalborg, inclusi il servizio +BRT (in blu) e il percorso Astrupstien (in rosso)

### 3.4.2 La sperimentazione e il percorso

La sperimentazione, o ‘Astrupstien link’, è stata implementata a partire dal 2018 e dovrebbe arrivare al 2022 con un’ulteriore estensione. È condotta e gestita dal Comune di Aalborg, la Northern Jutland Transport Authority (NT), l’Università di Aalborg e Keolis (operatore di trasporto pubblico).

Gli autobus senza conducente su Astrupstien, soddisfacendo la mancanza di collegamento tra il nord e il sud di Aalborg East, aumentano la mobilità interna e l’accessibilità nell’area, creando un migliore collegamento con le funzioni dell’area che, a causa delle strutture suddivise in zone, sono di difficile accesso per molti cittadini. Il *Tornhøj District Center*, diverse scuole e istituzioni, nonché strutture culturali, sportive e sanitarie esistenti, sono solo alcune delle molte funzioni che saranno - e in parte già lo sono - più accessibili ai cittadini della zona.

Gli autobus senza conducente, col percorso completo, saranno in grado di collegare i residenti della zona ai collegamenti di trasporto pubblico esistenti, che già terminano e entrano nell'area (linee 5, 11, 14 e 17). A lungo termine, gli autobus senza conducente possono aiutare a collegare le aree di Aalborg East al prossimo collegamento + Plusbus BRT nell'area universitaria<sup>69</sup>.

In sintesi, la sperimentazione mirava ad<sup>70</sup>:

- aumentare la mobilità interna della zona, soprattutto per gli utenti più deboli con limitazioni alla mobilità (anziani, bambini ecc.);
- collegare la zona ad altri mezzi di trasporto pubblico più lontani
- creare maggiore coesione spaziale tramite l'elemento di collegamento *Astrupstien*
- fare di Aalborg East un 'first mover' nell'ambito della tecnologia autonoma
- aumentare il senso di sicurezza nella zona, oltre a creare una proprietà locale dei bus navetta contribuendo con la conoscenza dell'incontro tra tecnologia, città e utenti

La sperimentazione prevede una visione (percorso completo) e un tratto sperimentale iniziale. La visione è quella di distribuire i veicoli autonomi sull'intera *Astrupstien* da Øster Uttrup Vej a nord fino alla fermata + Plusbus presso l'Università di Aalborg a sud.

Nella prima fase, gli *shuttle* operano dalla parte settentrionale del distretto (*Jerupstien*) al centro commerciale e ricreativo locale a *Smedegårdsvej*, raggiungendo infine il centro comunitario culturale *Trekanten* e la biblioteca a *Humblebakken*. Il tratto iniziale è lungo 2,1 km e ci sono 10 fermate sul percorso da cui è possibile prendere i passeggeri. In una seconda fase il servizio sarà esteso a Øster Uttrup Vej a nord e al campus principale dell'Università di Aalborg (AAU) a sud. Nel campus AAU è presente il collegamento con l'autobus (linea BRT) per il centro città e il nuovo ospedale universitario, in tal modo la lunghezza totale del percorso previsto sarà di circa quattro chilometri

Gli autobus utilizzati sono gli *shuttle* senza conducente da 15 posti 'Navya Arma' (TV2 News, 2017)<sup>71</sup>.

L'autobus senza conducente ed elettrico si muove alla velocità di un ciclista sulla pista ciclabile. Difatti la velocità del bus potrebbe essere paragonabile a quella delle bici, cioè 20 km/h (in fase di test) e fino a 30 km/h (a regime).

Lungo il *Astrupstien link*, i pedoni hanno il loro spazio, mentre i ciclisti condividono il percorso con gli *shuttle*. Gli utenti del corridoio sono dunque lo *shuttle* senza conducente, i ciclisti e pedoni, introducendo in tal modo una nuova filosofia di 'integrazione' dei vari flussi di traffico, che contrasta con quella esistente della segregazione. Quindi il veicolo autonomo, attraverso le tecnologie incorporate (sensori, telecamere, ecc), identifica il movimento dei ciclisti e procede quando la strada è libera.

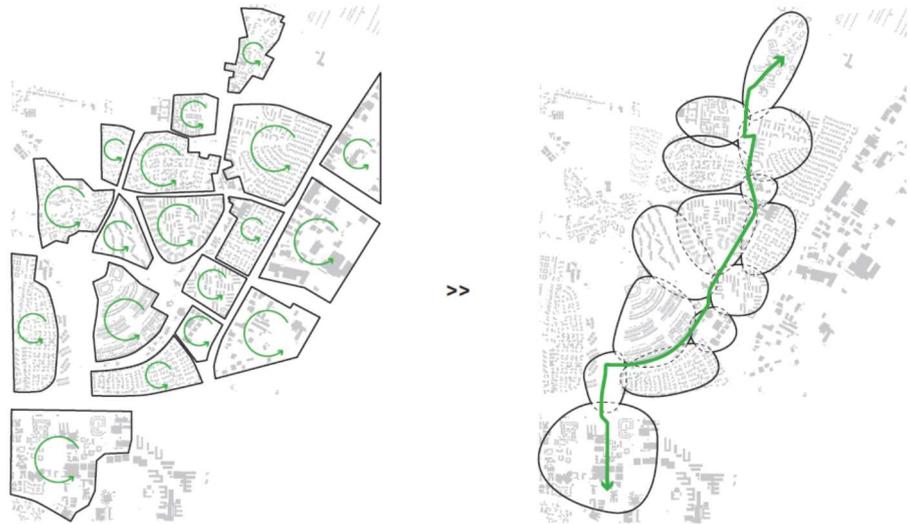
<sup>69</sup> <https://smartbus.dk/om-smartbus-projektet/>

<sup>70</sup> <https://www.letsholo.com/aalborg-east>

<sup>71</sup> TV2 News (2017): "Driverless Bus comes to Denmark (Forerløse Busser kommer til Danmark)" (video) <https://nyheder.tv2.dk/video/YWJyY19Gb3Jlcmxvc2VCdXNzZXJfU29tZV92Mg>

In tal caso, quindi, la velocità e l'affidabilità dello *shuttle* dipende in gran parte dall'atteggiamento dei ciclisti nei suoi confronti.

Operativamente la linea di *shuttle* autonomi è stata integrata con il sistema di servizio esistente del TPL, facendo parte delle opzioni di viaggio, offerte dall'app di pianificazione dei viaggi di NT Rejseplanen. Questo servizio di mobilità integrata offre un'esperienza migliore alla popolazione locale, oltre a supportare il ruolo del TPL nell'area.



60. *Astrupstien* come elemento di collegamento in Aalborg East: isole edificate isolate vengono aperte e collegate (Kickstart Forstaden, 2014)



61. Visione completa del percorso (in rosso la rotta attualmente in servizio, in rosa il percorso completo)

### 3.4.3 Adeguamenti infrastrutturali

Per implementare lo *shuttle* autonomo non è stato richiesto alcun tipo di adattamento o particolare modifica all'infrastruttura viaria. In questo caso, gli *shuttle* senza conducente funzionano a bassa velocità, operano in un "corridoio" senza altre forme di traffico motorizzato condividendo lo spazio riservato alle piste ciclabili con i loro utenti. Ad oggi, gli shuttle autonomi effettuano un regolare servizio di trasporto pubblico, muovendosi insieme e coordinandosi con i ciclisti sulle strade pubbliche in un percorso condiviso<sup>72</sup>.

<sup>72</sup> <https://www.intelligenttransport.com/transport-news/96887/autonomous-bus-service-inaugurated-in-danish-suburb/>

## CAPITOLO 4

### **Sperimentare il futuro: ipotesi di implementazione progettuale della mobilità autonoma e connessa in una città metropolitana italiana. Il caso di Catania.**

Abbiamo visto come la diffusione della mobilità autonoma e connessa avrà un impatto dirompente sulla progettazione e gestione dello spazio urbano e gli stili di vita delle persone su un orizzonte temporale di lungo periodo. A fronte di ciò, rimane piuttosto alto il grado di incertezza sulle tempistiche di diffusione e le modalità di dispiegamento con cui questi veicoli entreranno in città nel breve-medio periodo.

Sicuramente la grande complessità urbana è senza dubbio uno dei più grandi ostacoli a questa sfida e il processo di transizione alla futura forma di mobilità “intelligente” potrebbe richiedere ancora molto tempo se non adeguatamente governato, rinunciando alle potenzialità e benefici che ne derivano.

Contestualmente però assistiamo ad un sempre maggiore interesse verso la nuova tecnologia di trasporto nelle strategie e agende politiche sia europee che nazionali, come nel *Next Generation UE*. Basta pensare agli investimenti del piano nazionale di ripresa e resilienza, a supporto del quale è stato perfino individuato un nuovo ministero per l’innovazione tecnologica e la digitalizzazione, o come il rinominato Ministero delle infrastrutture e mobilità sostenibili stia indirizzando azioni particolari. Si ricorda che l’importanza di tenere conto della guida connessa e automatizzata è recentemente emersa anche all’interno dei processi per la redazione dei PUMS. Difatti, la seconda edizione delle linee guida europee per lo sviluppo e l’attuazione del Piano della mobilità urbana sostenibile<sup>73</sup>, recentemente pubblicate, sottolineano come i benefici che porterà la tecnologia non dipendano dagli sviluppi tecnici in sé, ma da come sarà gestita la fase di transizione, in cui ecologia e digitalizzazione sono alla base della visione del futuro e della città. L’innovativa forma di mobilità dovrà considerare tutti i sistemi di trasporto, sia privato che pubblico, sia ciclabile che pedonale, evidenziando quindi la necessità di integrarsi all’interno del più ampio sistema di mobilità esistente. In particolare viene sottolineato il ruolo del TPL, come soluzione per rispondere agli alti tassi di domanda di mobilità tipici delle aree urbane; un aspetto che deve essere visto nella dimensione post pandemica in tema di sicurezza. Inoltre si evidenzia il ruolo chiave della PA nella fase di transizione, anch’essa oggetto di riforma verso la digitalizzazione come indicato nella missione n. 1 del PNRR<sup>74</sup>, per la quale si suggerisce di intervenire attivamente e celermente per preparare la città alla mobilità del futuro al fine di avere una chiara visione della città sulla diffusione della mobilità autonoma con l’obiettivo finale di dare priorità alla vivibilità urbana.

---

<sup>73</sup> Linee Guida Eltis 2019

<sup>74</sup> La missione n. 1 del PNRR, denominata Digitalizzazione, innovazione, competitività e cultura, ha come obiettivo generale "l'innovazione del Paese in chiave digitale, grazie alla quale innescare un vero e proprio cambiamento strutturale", ed investe alcuni ampi settori di intervento, tra cui la *digitalizzazione e modernizzazione della pubblica amministrazione*.

L'ipotesi di implementazione progettuale di mobilità autonoma e connessa, oggetto del lavoro di tesi, intende muoversi proprio verso questa direzione. Le sperimentazioni e progetti pilota condotti in ambito europeo, come abbiamo visto, testimoniano i centri urbani quali possibili luoghi idonei in cui potrebbe avvenire un primo e reale dispiegamento operativo dei nuovi veicoli. A fronte di ciò, le ipotesi di implementazione su contesti reali si focalizzano per lo più su una dimensione locale, di quartiere, mancando di fatto una visione di più ampio respiro e che tenga conto di una prospettiva strategica in un'ottica di connessione alla rete di trasporto stradale trans-europea. In questo senso il lavoro di ricerca segna un avanzamento importante.

A fronte di quanto sopra discusso, partendo dal più ampio sistema di connessione europea TEN-T, in cui è già in corso il processo di *digital transformation*, quindi "abilitante" per i veicoli senza conducente, l'ipotesi intende fornire uno scenario per l'implementazione della mobilità autonoma e connessa nel breve-medio periodo in un contesto reale su scala urbana.

In tal modo si pongono alcune considerazioni alla questione che possono esser tenute in conto da parte dell'amministrazione locale per le opportune azioni strategiche nei successivi strumenti di pianificazione per il graduale passaggio verso la mobilità autonoma e connessa.

## **4.1. Motivi della scelta e l'approccio metodologico al caso studio**

### *Motivi della scelta*

Il caso di Catania è stato individuato come caso di particolare interesse per molteplici motivi.

La Città Metropolitana di Catania rappresenta un importante nodo metropolitano lungo il Corridoio Europeo Scandinavo-Mediterraneo della rete *Core* TEN-T. La tangenziale RA 15 fa parte del suddetto corridoio europeo e ricopre un ruolo centrale quale cerniera di interconnessione/snodo stradale con l'A19 PA-CT, l'A18 ME-CT e l'autostrada Catania - Augusta; il completamento della rete *Core* è programmato per il 2030<sup>75</sup>.

Mentre, i nodi puntuali intermodali, quali porto e aeroporto della città, sono inserite nella rete *Ten-T Comprehensive*<sup>76</sup>, che svolge una prevalente funzione di coesione territoriale all'interno dei singoli Stati Membri e integra e interconnette la rete *Core*, ed il suo completamento dovrà avvenire entro il 2050. A seguito dell'entrata in vigore del D.lgs. n. 169 del 4 agosto 2016, concernente la "Riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità Portuali", che recepisce gli indirizzi definiti dal *Piano Strategico Nazionale della Portualità e della Logistica* (PSNPL), nel 2017 è stata istituita l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale che è subentrata alle due precedenti Autorità Portuali di Augusta e Catania accorpando la gestione dei rispettivi porti in un unico ente pubblico e stabilendo la sua sede ad Augusta in quanto porto *Core* della Rete TEN-T.

<sup>75</sup> Comprende le parti di rete globale che rivestono la più alta importanza strategica ai fini del conseguimento degli obiettivi per lo sviluppo della rete transeuropea dei trasporti.

<sup>76</sup> Ovvero una rete globale (da realizzarsi entro il 2050) che mira a garantire la piena copertura del territorio dell'UE e l'accessibilità a tutte le regioni

Contestualmente, il DM 70/2018 c. d. *Smart Road*, ha dato avvio agli interventi per la *digital transformation* – preconditione fondamentale per la connettività V2X- delle più importanti connessioni infrastrutturali stradali nel territorio italiano.

Sulla rete TEN-T, sia *core* che *comprehensive*,<sup>77</sup> e su tutta la rete autostradale, identificate nel decreto come *Smart Road di tipo I*, dovranno essere garantiti entro il 2025 nove diversi interventi di adeguamento tecnologico, sui 12 complessivamente individuati dal MIT; mentre entro il 2030 dovranno essere realizzati anche gli altri tre interventi di adeguamento tecnologico.

Analogamente e con medesime tempistiche, il processo di *digital transformation* viene applicato progressivamente a tutte le infrastrutture appartenenti al primo livello dello SNIT<sup>78</sup>, e non già classificate come *Smart Road di tipo I*, e identificate come *Smart Road di tipo II*.

Per la tangenziale di Catania, l'innovativa iniziativa *Smart Road* di ANAS S.p.a., ente gestore della predetta infrastruttura viaria stradale e con cui è stata avviato il protocollo di ricerca, non solo rappresenta quel passaggio fondamentale di digitalizzazione e ammodernamento tecnologico dell'infrastruttura stradale esistente, secondo quanto previsto dal decreto, ma accelera l'introduzione di sistemi a guida automatizzata ponendo le basi tecnologiche e digitali "abilitanti" per la loro effettiva circolazione. La *vision* Anas S.p.a., dunque, trasformerà la tangenziale da mera infrastruttura fisica ad una "dorsale tecnologica digitale" in grado di "parlare agli utenti e ad essa stessa" grazie agli ultimi sviluppi tecnologici in ambito IoT, *open e big data*, e i più generali C-ITS. In questa cornice di riferimento, dunque, la città di Catania rappresenta un interessante ambito d'indagine e di sperimentazione. Difatti, in ottica di un'ipotetica rete territoriale - urbano interoperabile, il processo di *digital transformation*, fondamentale nella transizione alla mobilità autonoma, pone diverse incognite nel passaggio transcalare dall'elemento di collegamento territoriale RA 15 alla dimensione di scala urbana, anche proprio per l'elevata complessità della città.

L'amministrazione comunale ha avviato di recente l'iter di redazione del PUMS<sup>79</sup> che sappiamo costituire lo strumento di governo che, una volta approvato, regolerà la mobilità urbana per il decennio successivo. Infatti la città non si è ancora dotata del PUMS ed è in grande ritardo rispetto ad altre città italiane. Una mancanza ancora più grave per una realtà che da anni risulta agli ultimi posti in materia di ecosistemi urbani<sup>80</sup> (101° posizione su 104). Pertanto, in accordo con le linee guida europee per la definizione dei PUMS, questa potrebbe diventare una grande occasione per la città di Catania e l'amministrazione locale per governare il futuro della mobilità nell'ottica del "miglioramento dell'accessibilità alle aree urbane [...], mediante sistemi di mobilità e trasporti sostenibili e di alta qualità anche sotto il profilo ambientale economico e

---

<sup>77</sup> Nonché a nuove infrastrutture o tratte infrastrutturali preesistenti di collegamento tra elementi della rete TEN-T

<sup>78</sup> La identificazione dei livelli SNIT è quella definita dal PGTL del 2001, come adeguata nel'allegato "Connettere 'Italia'" al DEF 2017.

<sup>79</sup> [https://www.cittametropolitana.ct.it/il\\_territorio/PUM.aspx](https://www.cittametropolitana.ct.it/il_territorio/PUM.aspx) Ad inizio marzo 2021 è in corso il percorso di partecipazione per la definizione del documento. Al momento non sono state rese note altre azioni per l'elaborazione e partecipazione del PUMS di Catania.

<sup>80</sup> *Ecosistema Urbano. Rapporto sulle performance ambientali delle città 2020*, di Legambiente e Sole 24 Ore.

sociale, ed il miglioramento della fruibilità dello spazio pubblico”<sup>81</sup> (g.u. n. 233 del 5 ottobre 2017) coerentemente con la pianificazione territoriale, secondo i principi di sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

Individuare uno scenario di possibile implementazione dei veicoli autonomi e connessi nel breve-medio periodo rappresenta un interessante elemento di riflessione all’interno dell’articolato processo di redazione non solo del PUMS, ma anche del nuovo PRG (ora “Piano Urbano Generale” – PGU)<sup>82</sup> anch’esso in fase di redazione, in cui si definiranno i nuovi attrattori urbani, le attrezzature e i servizi generali, gli ambiti da ristrutturare, i vuoti urbani da rigenerare, e più in generale i diversi interventi di trasformazione della città.

Infine la città, oggetto dello studio, può riassumere molte caratteristiche tipiche che possono essere trovate in contesti urbani simili italiani, fornendo un banco di prova per idee che potrebbero essere trasferibili ad altre città e contesti, e la possibilità di porre le basi per la formulazione di strategie di trasformazione urbana. Rispetto allo scenario prodotto, la PA avrebbe in tal modo la possibilità di preparare e predisporre le giuste politiche per regolamentare e integrare l’innovativa mobilità nel proprio contesto urbano.

Quindi partendo dalla futura “dorsale tecnologica” Smart Road della tangenziale di Catania, l’ipotesi di sperimentazione individua un possibile scenario alternativo e complementare di mobilità autonoma e connessa riferita alla dimensione urbana nel breve-medio periodo (2025-2030), in un’ottica di connessione alla rete di trasporto stradale trans-europea; un’ipotesi dunque in sinergia con la *vision* “Smart Road” di Anas Spa per la realizzazione di servizi e sistemi intelligenti dei quali beneficerebbero cittadini, turisti, aziende e amministrazioni.

#### *Approccio metodologico al caso studio*

L’ipotesi è stata sviluppata nelle seguenti fasi:

1. Analisi del contesto attuale;
2. Sviluppo dello scenario tendenziale di riferimento nel breve-medio periodo 2025-2030;
3. Sviluppo di uno scenario urbano “ibrido” alternativo di transizione alla mobilità autonoma e connessa;
4. Abaco delle nuove regole di progetto a scala urbana.

Nello scenario alternativo<sup>83</sup> si considerano l’utilizzo di veicoli elettrici a guida autonoma e connessi di livello 4 (SAE *International*).

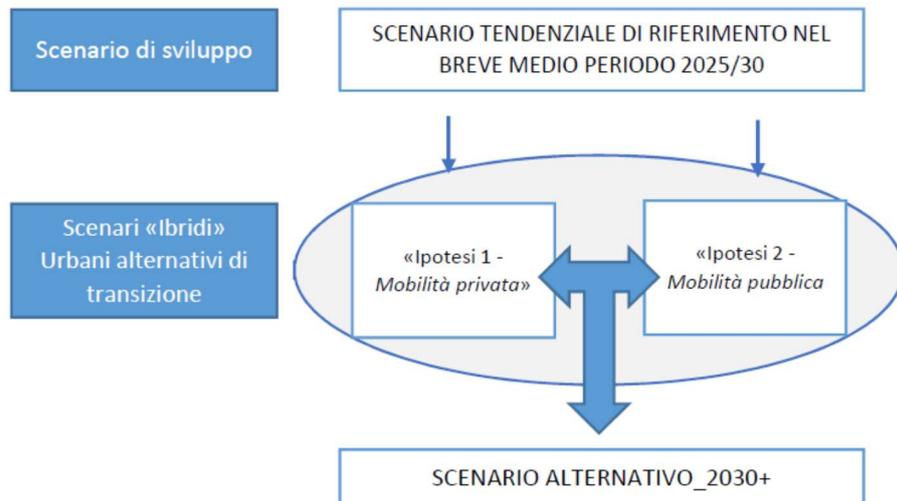
L’ipotesi d’implementazione degli AV tiene conto di due possibili scenari: il primo fa riferimento alla mobilità privata; mentre il secondo ai *shuttle* autonomi integrati come TPL.

---

<sup>81</sup> DM 4/08/2017 - “Linee Guida Ministeriali per i Piani Urbani di Mobilità Sostenibile”

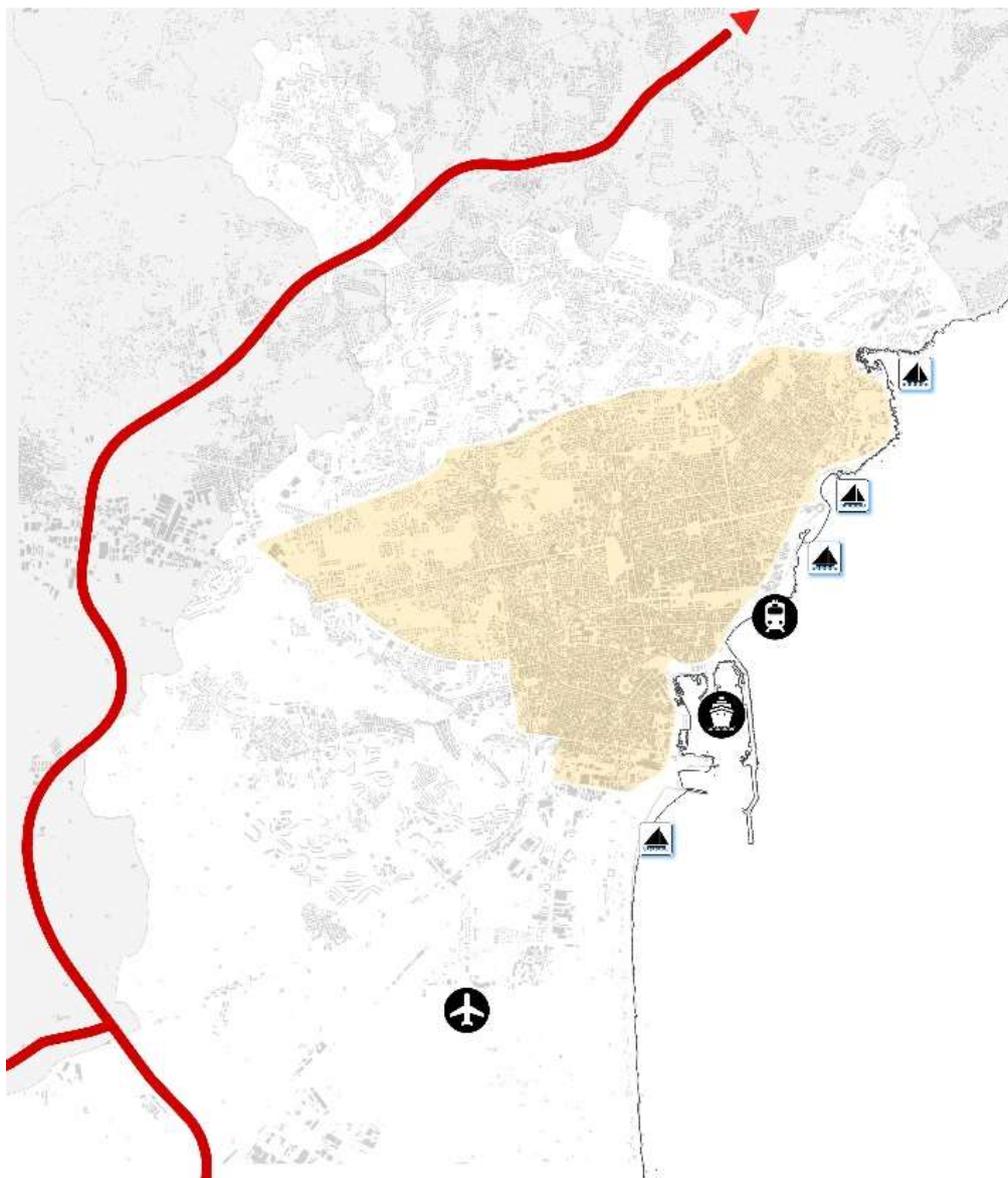
<sup>82</sup> Introdotta con la legge regionale Sicilia 13/08/2020 n.19 “Norme per il governo del Territorio”

<sup>83</sup> Alternativo allo scenario tendenziale di riferimento 2025- 2030



L'area di studio si riferisce prevalentemente al perimetro dell'area urbana ad alta densità della città, meglio identificata dall'immagine seguente (in rosso la tangenziale) e così orientativamente delimitata:

- la S.S. 114 costeggia integralmente la città, collegando Messina a Siracusa;
- il Lungomare, arteria litoranea urbana;
- la circonvallazione, un'arteria, ormai urbana, a doppia carreggiata, che funge da asse di distribuzione oltre che di scavalco settentrionale della città densa; collega Ognina e la costiera (lungomare e SS.114) alla SS.121 e al comune di Misterbianco;
- Corso indipendenza al margine ovest;
- Via Acquicella Porto al margine sud.



62. Area urbana di studio

Partendo da un più ampio inquadramento territoriale della città è stato analizzato il contesto attuale con particolare riferimento al sistema delle infrastrutture e dei trasporti, della mobilità urbana, e delle dotazioni di attrezzature e servizi pubblici.

Definita l'attuale condizione urbana, si è proceduto a "settare" lo "scenario tendenziale di riferimento nel breve-medio periodo 2025-2030 integrando le più significative prospettive di evoluzione e sviluppo dei sistemi analizzati anzidetti; in particolare sono stati considerati i progetti infrastrutturali che saranno realisticamente completati entro

tale periodo e che avranno un impatto significativo sul sistema di approvvigionamento dei trasporti e della mobilità della città, e i nuovi attrattori urbani previsti.

A tal fine sono stati considerati i contenuti dei documenti di pianificazione e programmi, afferenti le sfere sia di governo di trasformazione urbana che della mobilità e dei trasporti, poiché concorreranno senza dubbio a costituire lo scenario di riferimento. Specificatamente sono:

- Piano integrato delle Infrastrutture e della Mobilità (PIIM), adottato con decreto assessoriale LL.PP. n. 1395 del 30 giugno 2017.
- Piano generale del traffico urbano – PGTU, approvato con delibera di Giunta comunale del 7 novembre 2012 n. 522.
- Piano Urbani dei Parcheggi 2004
- Programma PON METRO 2014-2020: Piano Operativo Autorità Urbana di Catania, v. 1.6 del 30/01/2020 <sup>84</sup>
- Programma di Sviluppo della Rete Metropolitana della Ferrovia Circumetnea – FCE
- Programmazione RFI, il “Nodo Catania”;
- Direttive generali per la redazione del nuovo PRG “Catania Città sostenibile”, documento programmatico di indirizzo dello sviluppo urbanistico della città, emendate con delibera di C.C. del 26.10.2019
- DPSS – Piano Regolatore di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale, 28 febbraio 2020

A tal scopo, ulteriori informazioni sono state reperite grazie alla collaborazione avviata a seguito di accordo di ricerca con l’amministrazione comunale nella figura del Direttore Ing. Biagio Bisignani, per prefigurare lo scenario tendenziale di riferimento della città etnea nel prossimo futuro.

---

<sup>84</sup> <https://ponmetro.comune.catania.it/la-strategia/#1521373710258-aa80da91-b087>

## 4.2. Contesto attuale

### 4.2.1. Inquadramento territoriale

Situata a sud-est della Sicilia, la Città di Catania ha una popolazione di 311.584 abitanti al 2019<sup>85</sup> ed è capoluogo della città metropolitana. Essa rappresenta un'importante nodo metropolitano lungo il corridoio europeo Scandinavo-Mediterraneo<sup>86</sup> della rete Core TEN-T. La tangenziale RA 15 ricopre un ruolo centrale quale “cerniera” di snodo stradale con le autostrade A18 Messina - Catania - Siracusa e A19 Palermo - Catania, appartenenti alla rete *Core* della TEN-T<sup>87</sup>, così come le linee ferroviarie ad esse parallele; mentre l'aeroporto internazionale Fontanarossa (con un traffico passeggeri di 10 milioni anno), il porto di Catania<sup>88</sup> e l'interporto Bicocca rientrano nella rete *Comprehensive* della TEN-T.



63. Corridoio Scandinavo - Mediterraneo della rete TEN-T nel territorio italiano

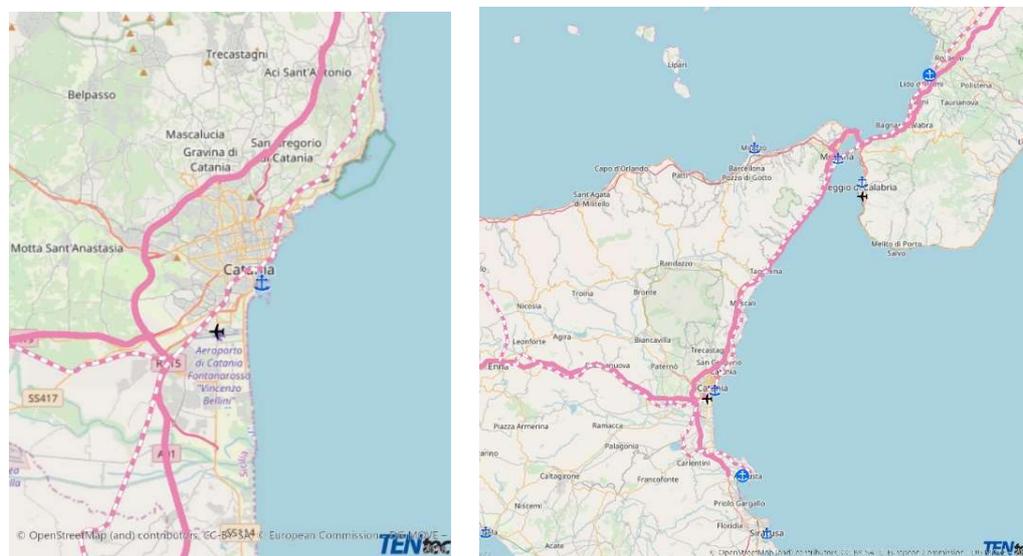
<sup>85</sup> <https://www.comune.catania.it/il-comune/uffici/anagrafe/gli-uffici/statistica/allegati/cartella-andamento-della-popolazione/Annuario%20Popolazione%20anno%202019.pdf>

Bollettino demografico – Ufficio Statistica e Qualità dei Servizi al Cittadino – Comune di Catania

<sup>86</sup> Il corridoi SCAN-MED è uno dei 9 corridoi multimodali principali della Rete Centrale (“Core Network”), costituita dalle componenti di massima importanza strategica per la politica di trasporto trans-europea, da completare entro il 2030.

<sup>87</sup> Ai fini della realizzazione della direttrice ferroviaria “Messina - Catania - Palermo”, facente parte della rete TEN-T core, nel febbraio 2013 è stato stipulato un Contratto Istituzionale di Sviluppo (CIS) tra il Ministro per la Coesione Territoriale, il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Siciliana, le Ferrovie dello Stato S.p.A. e la Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. Il CIS è uno strumento di programmazione negoziata ideato per imprimere un'accelerazione ai processi di realizzazione delle grandi infrastrutture di rilievo strategico nazionale, assicurando al contempo il controllo e la verifica di detti interventi. (PIIM, 2017)

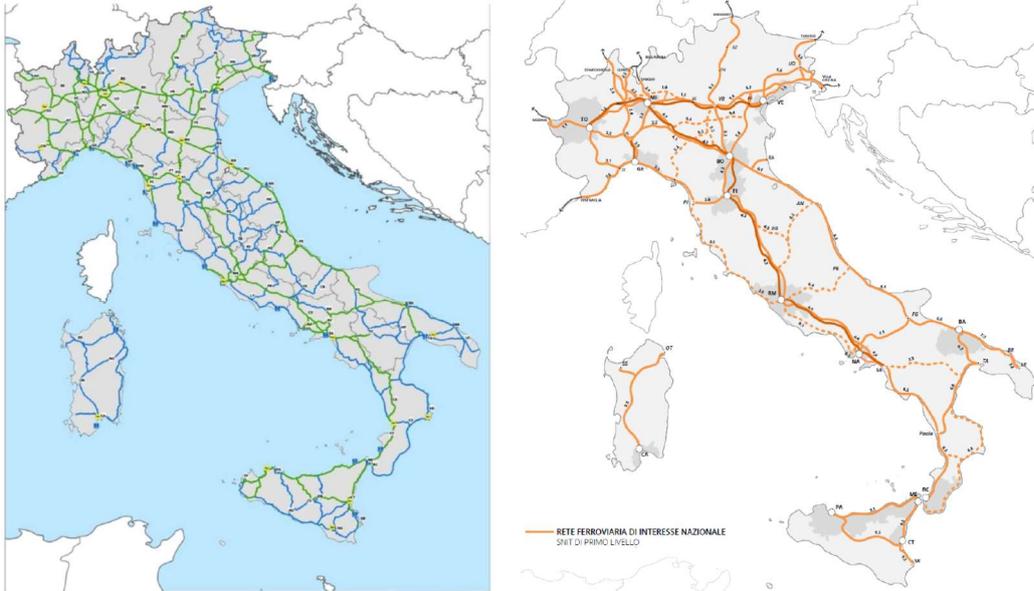
<sup>88</sup> È stato successivamente inserita con il Regolamento delegato (UE) 2017/849 della Commissione del 7 dicembre 2016.



64. Reti e nodi della TEN-T sulla base territoriale catanese

In coerenza con la classificazione della rete *Core* e *Comprehensive* della TEN-T definita dal Regolamento (UE) 1315/2013, la rete nazionale SNIT<sup>89</sup> si compone di un sistema di infrastrutture lineari e puntuali definite di 1° livello e un sistema di 2° livello, rappresentando un sistema integrato di infrastrutture sulle quali si effettuano servizi di interesse nazionale ed internazionale che costituiscono la struttura portante del sistema italiano di offerta di trasporto (persone e merci). Nella rete SNIT di primo livello rientrano la rete autostradale e ferroviaria che interessa la città di Catania, già facenti parte alle reti TEN-T Core, l'aeroporto "Fontanarossa", la città metropolitana (individuata con la Legge 56/2014). Nel caso del porto, nel 2017 è stata istituita l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale che è subentrata alle due precedenti Autorità Portuali di Augusta e Catania accorpando la gestione dei rispettivi porti in un unico Ente di Diritto Pubblico.

<sup>89</sup> Il nuovo SNIT è stato ridefinito nell'all. MIT al DEF 2017, sulla base del precedente sviluppato nell'ambito del *Piano Generale dei Trasporti e della Logistica* del 2001. La rete stradale nazionale di 1° livello corrisponde agli assi attualmente in esercizio della rete SNIT 2001, più la rete TEN-T (Core e Comprehensive), più ulteriori assi di accessibilità a porti, aeroporti, poli turistici, distretti industriali. Tutte le restanti strade di competenza statale sono di 2° livello.



65. Rete stradale e ferroviaria SNIT di primo livello \_fonte allegato MIT al DEF 2017

#### 4.2.2. Sistema delle infrastrutture e dei trasporti urbani

A livello regionale Catania risulta una città baricentrica rispetto a Messina e Siracusa e svolge una funzione di cerniera nel sistema dei trasporti di ben sette province su nove dove, anche Agrigento, Caltanissetta e Ragusa gravitano su di essa e non solo per gli spostamenti aerei.

Oggi il territorio catanese è caratterizzato dalla presenza di alcuni tra i principali nodi infrastrutturali strategici della Sicilia: Ferrovia FS, Ferrovia Circumetnea, Aeroporto “Fontanarossa”, Porto, Interporto, Mercato Agroalimentare, Zona Industriale, in potenziale connessione stante la loro strettissima vicinanza territoriale.

##### *La rete viaria*

La rete stradale dell’area metropolitana di Catania è composta dai seguenti assi principali:

- *Autostrada A18* è l’itinerario costiero da Messina a Catania; prosegue sulla Tangenziale nonché, radialmente, sul *viale Mediterraneo* per la penetrazione in città;
- *Tangenziale R15* aggira Catania lungo un arco a nord e ovest; collega la A18 all’A19 e alla S.S.114 sud per Siracusa; è un asse di distribuzione per destinazioni interne ed esterne al perimetro comunale; consente la penetrazione a Catania - centro sul *viale Mediterraneo* e a Catania - S.G. Galermo, il raggiungimento di Gravina (e dei paesi etnei), di Misterbianco e della S.S.121 per Paternò, della S.S.417 per Caltagirone e Gela, della zona industriale; inoltre consente altresì il proseguimento sull’asse dei servizi per i quartieri sudovest, l’aeroporto, la Plaia e il porto;

- *A18 diramazione (Viale Mediterraneo)* è un asse radiale di penetrazione urbana a due corsie per senso di marcia; consente, in uscita da Catania, il collegamento tra il centro urbano e i comuni di S. Gregorio, S.G. La Punta e i paesi etnei;
- *S.S.121* è un itinerario radiale che collega Catania a Misterbianco e Paternò; è accessibile dalla circonvallazione o dalla tangenziale.
- *S.S. 114* costeggia integralmente la città, collegando Messina a Siracusa; è ad alto traffico, a sezione variabile, e comunque, all'interno dell'Area Metropolitana, ad una corsia per senso di marcia; accessibile a nord-est di Catania dalla circonvallazione, verso Messina, raggiunge Cannizzaro e l'omonimo ospedale, Acicastello e Acireale; dal lato sud, collega Catania, dalla zona industriale a Siracusa; consente inoltre il raggiungimento delle SS 194 e 514 per Ragusa. In ambito urbano, si sviluppa da Ognina alla Plaia attraverso il lungomare, il viale Africa, le vie Dusmet, Colombo e Tempio. Può, sempre in ambito urbano, proseguire sulla circonvallazione.
- *Lungomare*, arteria litoranea urbana, riceve il traffico veicolare pendolare proveniente dalla SS114 sia in direzione Messina che Siracusa.
- *La Circonvallazione* è un'arteria urbana a doppia carreggiata, e funge da asse di distribuzione oltre che di scavalco settentrionale della città densa; collega il lungomare e SS114 alla SS121 ed alla tangenziale; la circonvallazione è pressoché parallela, a valle, al tratto nord della tangenziale;
- *Autostrada A19 (CT-PA)* è un itinerario radiale; prosegue sulla tangenziale, ovvero, per la penetrazione in città, sulla via Zia Lisa;
- *L'Asse attrezzato*, previsto dal PRG Piccinato<sup>90</sup>, come asse di distribuzione urbana a ponente della città, dalla A19 all'A18, avrebbe dovuto servire gli ipotizzati centri direzionali di Cibali e Picanello; l'estensione oggi prevista è limitata solo al tratto compreso tra la A19 e il corso Indipendenza; la parte realizzata è solo quella interna al quartiere di Librino;
- *L'Asse dei servizi* è un asse radiale di penetrazione che si estende dalla Tangenziale ovest al Faro Biscari e quindi all'area portuale; è utile al raggiungimento dell'aeroporto ed è previsto che serva con opportuni raccordi i prossimi Interporto e Centro agroalimentare.

Le arterie fin qui indicate costituiscono il sistema forte della rete stradale dell'area metropolitana.

A tale rete metropolitana si affianca quella urbana, con assi di penetrazione e accesso all'area. Fondamentale, in direzione est-ovest la Circonvallazione distribuisce i flussi, provenienti da nord, nella parte compatta della città attraverso: via Palermo - asse dei viali, via Galermo, via S. Nullo, viale Fleming, via Passo Gravina, via V.Giuffrida - viale R. Sanzio - viale V. Veneto, viale Ruggiero di Lauria - Viale Artale Alagona.

---

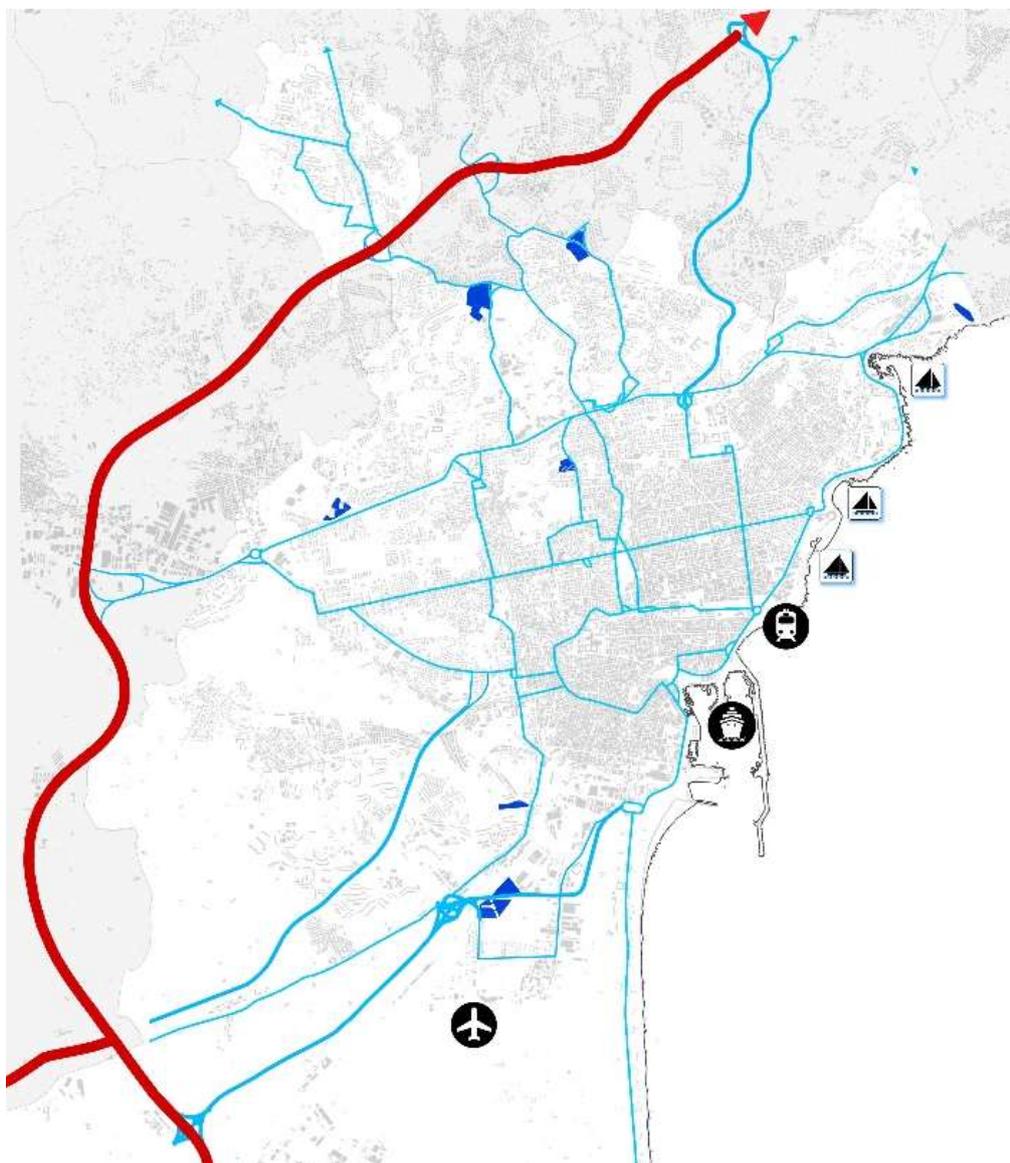
<sup>90</sup> Il vigente Piano Regolatore Generale di Catania, è stato adottato nel 1964 e reso esecutivo con Decreto Presidenziale 28 Giugno 1969, n. 166-A.

Il Piano regolatore è stato modificato nel corso degli anni trascorsi dal 1969 con circa 100 procedure di varianti relative ad aree di piccole o grandi dimensioni. Molte di queste varianti si sono rese necessarie per la esecuzione di infrastrutture e attrezzature pubbliche non realizzabili secondo le indicazioni del PRG.

La distribuzione verso il centro della città continua attraverso numerose vie tra cui corso Indipendenza, via V. Emanuele / via Garibaldi, viale Libertà, viale Africa, corso Sicilia, corso Martiri della Libertà, via Dusmet etc.

Un importante ruolo di “circonvallazione interna” di distribuzione del traffico verso la rete secondaria e locale è rivestito da via Plebiscito, che per la sua localizzazione connette tutti gli itinerari, da nord, da sud, da est e da ovest, e consente l’accesso al centro storico della città. Infine l’unico itinerario principale di ingresso/uscita verso sud è costituito da via D. Tempio.

Lo schema generale di circolazione nella città di Catania sotto riportato, elaborato nell’ambito del PGTU, mostra la rete primaria e principale “minima”, necessaria a garantire lo smaltimento dei flussi veicolari, con i parcheggi scambiatori.



66. Schema di circolazione semplificato (in rosso la rete primaria, in azzurro la principale, in blu i parcheggi scambiatori)

### *I parcheggi*

Nel 2004 il Comune di Catania ha avviato una efficace fase di riqualificazione del tessuto stradale in corrispondenza delle porte d'accesso alla città densa, provvedendo alla progettazione ed alla realizzazione di un "Piano Parcheggi"<sup>91</sup> che, su più livelli

<sup>91</sup> In forza all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3259/2002, istitutiva dell'Ufficio Speciale per l'Emergenza Traffico e la Sicurezza Sismica e al relativo master plan del Sindaco-Commissario Delegato

concentrici verso il centro storico, avrebbero dato la possibilità di intercettare una parte considerevole dei flussi di traffico privato in entrata in città a favore del trasporto pubblico, concentrando i nodi di interscambio in corrispondenza dei principali assi di accesso al tessuto urbano.

Il Piano prevedeva 21 parcheggi con suscettività di scambiatori auto – metropolitana, auto ferrovia, auto tranvie e/o autobus, ed anche pertinenziali o di testata.

Lungo gli assi di accesso sono stati individuati i seguenti parcheggi scambiatori denominati “cordionali”, in quanto alle porte più esterne di Catania:

- A nord, Mediterraneo, Due Obelischi e Misericordia
- Ad est, Acicastello
- A sud, Fontanarossa e Zia Lisa
- Ad ovest, Monte Po' e Nesima

Di questi, i parcheggi realizzati sono: Nesima, Due Obelischi, Zia Lisa, Misericordia e Fontanarossa. Specificatamente:

- *Due Obelischi*, al confine territoriale con Sant'Agata Li Battiati, scambia con il BRT1 per piazza Stesicoro;
- *Fontanarossa e Zia Lisa*, oltre a garantire lo scambio modale per i flussi in accesso da sud e dalla tangenziale ovest, costituiscono un importante incremento dell'offerta di sosta a servizio di due grossi poli di attrazione, ovvero, rispettivamente, l'aeroporto ed il cimitero;
- *Nesima*, possibilità di scambio modale con la metropolitana FCE e TPL su gomma;
- *Misericordia*, adiacente alla tangenziale, intercetta i flussi in accesso da nord da S. Giovanni Galermo.

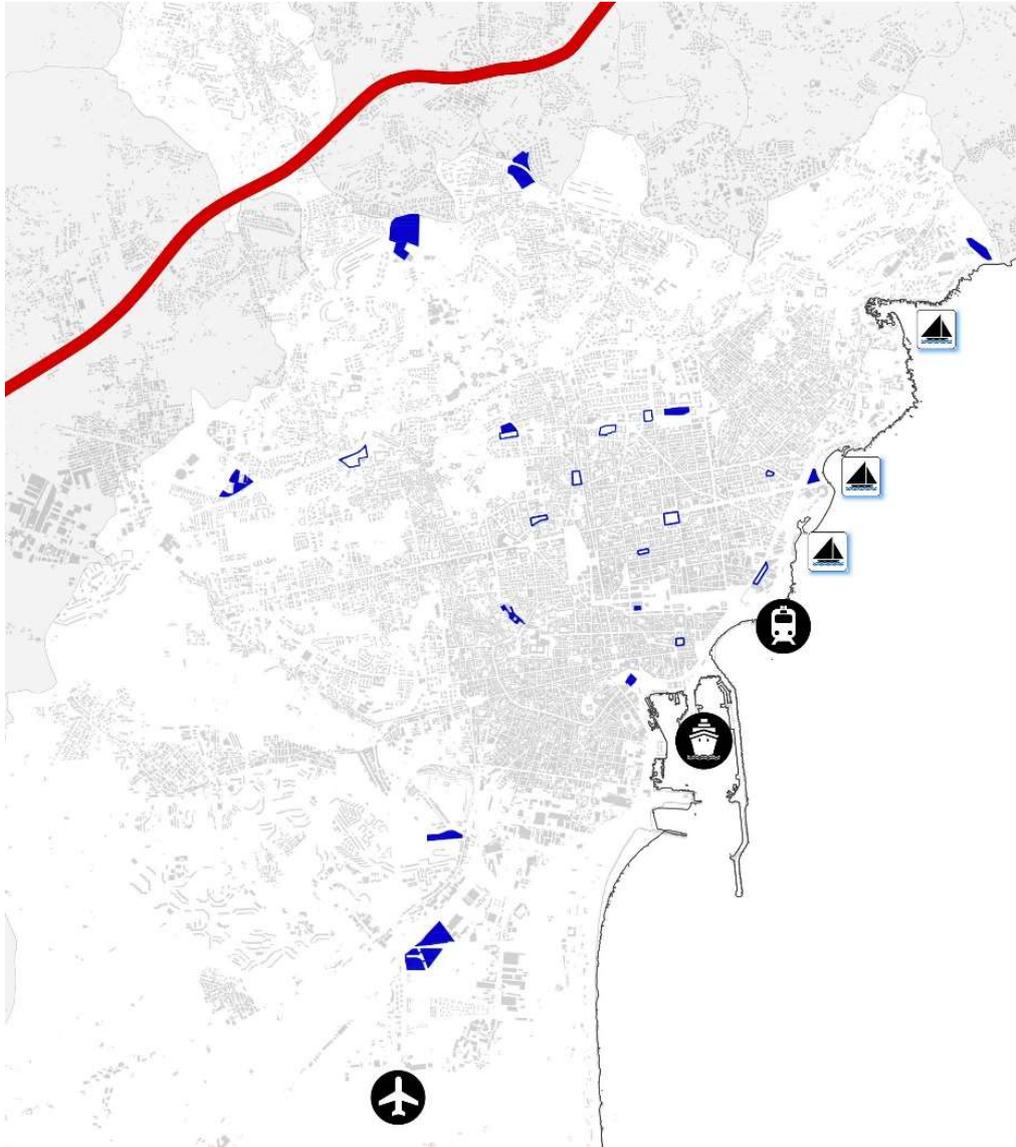
Oltre questi, il Piano ha individuato una seconda fascia di parcheggi a nord del centro storico disposti lungo la Circonvallazione nord che costituisce il confine fisico fra la città densa ed i suoi quartieri periferici. La localizzazione di questi parcheggi scambiatori, che possono essere definiti di *secondo livello*, è stata effettuata seguendo il principio di intercettare i flussi entranti prima che si distribuiscano sugli itinerari paralleli alternativi. Tra questi ricadono i seguenti parcheggi di cui solo uno prevede un parcheggio nel centro storico, proprio per incentivare il ricorso all'utilizzo del mezzo pubblico per entrare nella zona centrale della città, coerentemente al Piano generale del traffico urbano adottato nel febbraio 2013:

- *Sanzio*, oltre ad intercettare anche i flussi provenienti, attraverso viale Mediterraneo, dall'autostrada A18 CT-ME, dalla Tangenziale e dallo svincolo di San Gregorio su cui confluisce la maggior parte del traffico pedemontano orientale, prevede un parcheggio interrato e a raso nell'area compresa tra viale Raffaello Sanzio, Largo Serafino Famà e via Imperia;
- *Fleming*, realizzato dalla FCE, si trova quasi a ridosso della circonvallazione;
- *Narciso* nei pressi della stazione Borgo delle metropolitana;
- *San Nullo*, in collegamento con l'omonima fermata della metropolitana;

Dei sopra menzionati è attualmente in esercizio il parcheggio in via Fleming.  
A completamento del quadro degli interventi previsti dal Piano Parcheggi vanno citati i parcheggi di destinazione che rafforzano l'offerta di sosta in corrispondenza dei quartieri maggiormente attrattivi del centro storico-commerciale. Nello specifico sono:

- *piazza Cavour*, parcheggio multipiano interrato;
- *piazza Europa*, parcheggio interrato ;
- *via Asiago*, parcheggio multipiano interrato;
- *piazza Verga*, parcheggio multipiano interrato;
- *piazza Lanza*, parcheggio multipiano interrato;
- *Viale Africa*;
- *Umberto*;
- *piazza Pietro Lupo*, parcheggio a raso.

Dei sopra menzionati, è stato completato solo il parcheggio a piazza Europa.  
Infine, sempre in riferimento all'ambito urbano, si trovano i parcheggi "Sturzo", "Borsellino" e "R1" in via Plebiscito, tutti in gestione dell'AMT Azienda Metropolitana Trasporti Catania.



67. Parcheggi scambiatori e di destinazione (campitura piena i parcheggi in funzione)

#### *La rete ferroviaria*

Il tratto di linea ferroviaria che ricade nel territorio comunale catanese, gestita da RFI SpA, si sviluppa dalla Stazione Cannizzaro, a nord, fino alle due diramazioni per Palermo e Siracusa, a sud, e consta di 7 stazioni, di cui una dismessa (Acquicella) ed una per merci (Bicocca).

L'infrastruttura ferroviaria, nata in funzione delle esigenze delle città di fine ottocento, costituisce per la città la cosiddetta "cintura di ferro", risultando una pesante limitazione

al naturale rapporto tra la città e il mare, anche a causa degli impianti distribuiti in maniera forte e vincolante, in cinque localizzazioni principali (Piazza Europa, Catania Centrale, Acquicella, Fontanarossa e Bicocca).

A tal proposito, nel superare questa cesura e il rapporto della città con il mare, è stata individuata come unica soluzione possibile l'interramento dei binari ferroviari e della stazione centrale, consentendo in tal modo di liberare aree di grandissimo pregio che potranno essere riqualificate e riconvertite a nuovi usi<sup>92</sup>.

L'interramento della linea ferroviaria, con il raddoppio della intera tratta ove ancora a singolo binario, rientra nella programmazione RFI per Catania, all'interno dell'intervento del passante ferroviario di Catania, il cosiddetto "Nodo Catania - Interramento stazione centrale"<sup>93</sup>.

Si tratta di un passante ferroviario che, partendo da piazza Europa, connette la stazione di Acquicella diventando altresì un sistema di trasporto metropolitano, indispensabile per alleggerire il traffico veicolare privato e creare nuove possibilità di accessibilità a zone da riqualificare e riconvertire a nuovi usi urbani di pregio.

L'infrastruttura ambisce a offrire all'utenza un servizio di tipo metropolitano grazie alla prevista elevata frequenza di corse e all'apertura di diverse, nuove stazioni e fermate in ambito urbano, alcune delle quali aperte negli ultimi anni.

Ad oggi il tratto nord è già stato realizzato. L'attivazione del doppio binario fra Catania Ognina e Catania Centrale, insieme alle nuove stazioni fermate metropolitane di Ognina, Picanello, Europa, è operativo da giugno 2017.

L'attuale percorso del passante ferroviario di Catania che interessa l'area urbana prevede le seguenti fermate, da nord a sud: Cannizzaro, Ognina, Picanello, Europa, Centrale, Acquicella (attualmente chiusa), Catania aeroporto<sup>94</sup>, Bicocca.

#### *La rete metropolitana*

L'altro tracciato ferroviario è quello della rete metropolitana della FCE, gestita dalla Ferrovia Circumetnea, a partire da luglio 1999.

Con il "Programma di Sviluppo della rete metropolitana", la Ferrovia Circumetnea ha voluto potenziare e trasformare la propria linea ferroviaria nelle aree urbane di Catania e Misterbianco.

Per quel che concerne Catania, la tratta della rete metropolitana cittadina attualmente in esercizio si estende per circa 8,8 km lungo la linea Nesima - Stesicoro e la diramazione Galatea-Porto (attualmente chiusa all'esercizio passeggeri, utilizzata per movimentazione e ricovero materiale rotabile). Dal 2016 sono state messe in esercizio le tratte di metropolitana Galatea - Giovanni XXIII (0.9 km) e la Giovanni XXIII - Stesicoro (1 km) che hanno la funzione di fare proseguire l'attuale linea nel centro urbano di Catania.

---

<sup>92</sup> Parte del progetto nodo di Catania si ricollega all'AV ME-CT-PA e alla nuova stazione Fontanarossa; tutti inseriti nel *Recovery Plan*.

<sup>93</sup> L'intervento, previsto dalla delibera CIPE n. 121 del 2001, in riferimento alla legge n. 443/2001 (c.d. "legge obiettivo"), interessa 4 Km di tratto urbano e 15 km nell'area metropolitana di Catania della linea ferroviaria gestita da RFI.

<sup>94</sup> Stazione FS provvisoria inaugurata il 13/03/2021 <https://www.ferroviesiciliane.it/2021/03/13/inaugurata-la-stazione-catania-aeroporto-fontanarossa/>

L'intera tratta Nesima - Stesicorso, di 7 km, è interamente interrata e a doppio binario; mentre la diramazione Galatea-Porto, di 1,8 km, è a binario unico e in superficie.

#### *Aeroporto*

L'aeroporto di Catania "Vincenzo Bellini" è sito a sud della città, a circa 5 km dal centro, lungo la costa ionica. È delimitato a nord dall'abitato di Fontanarossa, a est dalla SS114 che si sviluppa lungo il mare, a ovest dal tracciato ferroviario che collega Catania e Siracusa e a sud dall'area industriale di Fontanarossa.

L'aeroporto è collegato alla viabilità autostradale tramite l'itinerario determinato "Asse dei servizi", di connessione tra la tangenziale di Catania, l'aeroporto e il porto. Il centro di Catania è raggiungibile per mezzo di linee urbane dell'AMT. Da marzo 2021 è attivo il servizio di collegamento ferroviario con la fermata "Fontanarossa" che a progetto ultimato diventerà stazione.

#### *Porto*

Il porto di Catania è lo scalo della seconda città della Sicilia e risulta classificato come infrastruttura portuale di II categoria, 1ª classe equivalente a "porto di rilevanza economica nazionale" ai sensi del T.U. 16 luglio 1884 n. 2518.

Essenzialmente di tipo mercantile ma con la presenza di attività commerciali, crocieristiche, cantieristiche, industriali, pescherecce e diportistiche, amatoriali e sportive, tecnologiche e di ricerca scientifica, ha valenza intermodale per la sua contiguità alle principali infrastrutture. La vicinanza con la stazione ferroviaria, la ferrovia metropolitana, l'aeroporto, l'interporto, il centro agroalimentare, la zona industriale e il facile inserimento nella rete viaria e ferroviaria territoriale, conferiscono al porto di Catania una peculiarità unica in Sicilia.

Il Porto si trova al centro di un sistema urbano molto complesso del quale è, in un certo qual modo, lo snodo, la cerniera fra diverse "anime" di Catania. L'infrastruttura portuale costituisce una presenza mediatrice fra ambiti urbani diversi: lo storico quartiere Civita, caratterizzato dalla presenza di importanti testimonianze architettoniche e monumentali; il quartiere popolare di S. Cristoforo - SS. Angeli Custodi che scende dal Castello Ursino verso la via Cristoforo Colombo; il quartiere industriale e artigianale che si estende fra la via Domenico Tempio e la via Plaia; il grande snodo anulare della Rotonda della Plaia che si sviluppa davanti al Faro Biscari e che dà accesso al quartiere dell'Acquicella, all'Asse dei Servizi allo stesso porto ed alle attrezzature lungo la costa sabbiosa della Plaia.

Il porto, pur essendo adiacente al centro storico e monumentale della Città, è da questa diviso da barriere di diversa natura come: via Domenico Tempio, anche denominata circonvallazione orientale (o a mare) che è una delle grandi arterie cittadine; la linea ferroviaria Catania – Siracusa che, pur essendo posta su un alto viadotto poggiato su arcate, di fatto rappresenta in un certo senso una rilevante barriera fisica e psicologica tra i due ambiti; la cinta daziaria che, infine, è la vera barriera che priva la Città di un potenziale straordinario *waterfront*.

A tal proposito il Comune di Catania, in accordo con l'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale, ha bandito un concorso internazionale di idee finalizzata ad individuare la migliore proposta di idee per la "Riqualificazione del Waterfront Urbano

di Catania". La competizione, conclusa nel 2019, ha visto quale progetto vincitore l'idea presentata da Park Associati Srl di Milano (capogruppo), insieme con il Consorzio stabile di ingegneria R1 s.c.a.r.l. di San Giovanni la Punta (CT) e la COPRAT di Mantova (mandante)<sup>95</sup>.

#### **4.2.3. Sistema della mobilità urbana**

Il PRG vigente, auspicava la modernizzazione delle infrastrutture viarie con un' incisiva previsione di nuova viabilità. La struttura portante era costituita dall'asse attrezzato viario che attraversava la città e collegava zone localizzate in parti diverse, con l'obiettivo di drenare il traffico veicolare urbano, spostare le grandi funzioni dalla città più densa, fornire l'intera città di servizi e aree a verde e innescare occasioni per il rinnovo urbano. Di tale sistema "asse attrezzato - centri direzionali" è stata realizzata solo una limitata porzione dell'asse viario.

Oltre all'inadeguatezza della rete stradale con cui la città è cresciuta per decenni, con sezioni insufficienti e marciapiedi di larghezza esigua, poco adatti alla fruizione pedonale, si somma un sovraccarico di fruitori delle infrastrutture comunali.

Infatti la popolazione residente nel comune di Catania costituisce solo una parte dei beneficiari dei servizi offerti dalla città. In quanto capoluogo di provincia, ora città metropolitana e punto di riferimento importante per l'intera area centro orientale della Sicilia, Catania è meta quotidiana di un numero di utenti almeno doppio rispetto ai residenti, dovuto al fatto che parte della popolazione, nel corso degli anni '70-'90, si è progressivamente trasferita nei comuni dell'hinterland, determinando la necessità di continui spostamenti in direzione "centro" e ritorno.

La domanda di mobilità è essenzialmente richiesta per la presenza di servizi territoriali e di rango superiore al comunale quali numerosi istituti di istruzione superiore, università, aziende ospedaliere, amministrazioni periferiche dello stato e della regione, sedi di aziende a carattere nazionale, ed anche numerose e importanti manifestazioni culturali, ricreative e sportive richiama flussi di traffico aggiuntivi rispetto a quello generato dai residenti. Altri importanti attrattori di traffico sono: l'aeroporto (quarto in Italia per traffico di passeggeri)<sup>96</sup>, il porto, i mercati Agroalimentari all'ingrosso (M.A.A.S.), le numerose attività commerciali presenti dentro e fuori il centro urbano, le attività ricreative del centro storico. La presenza in centro di numerose attività e servizi determina un mobilità radiocentrica che, nelle ore di punta, impegna in una condizione di sovraccarico la viabilità di accesso e le direttrici di penetrazione nella città centrale. L'alta densità abitativa di quest'ultima, la modesta sezione di buona parte degli archi della rete viaria, l'insufficiente offerta di sosta e l'inadeguato servizio di trasporto pubblico producono condizioni di traffico congestionato e bassi livelli di servizio in quasi tutte le strade dell'abitato.

In questo quadro di riferimento la domanda di mobilità, derivante tanto dal pendolarismo per lavoro e studio, ma anche da esigenze minute ed elementari, con

---

<sup>95</sup> <http://catania.mobilita.org/2019/04/11/foto-il-nuovo-rapporto-tra-la-citta-e-il-mare-le-immagini-dei-tre-progetti-vincitori-del-concorso-internazionale-di-idee/>

<sup>96</sup> <https://catania.liveuniversity.it/2021/04/21/aeroporto-di-catania-fontanarossa-quarto-italia/>

destinazioni urbane<sup>97</sup> viene quasi totalmente soddisfatta dal ricorso dell'automobile (circa l'80% degli spostamenti totali), facendo di Catania una delle città con il più alto tasso di motorizzazione presente (702 autoveicoli ogni 1000 abitanti)<sup>98</sup>.

I due grandi assi di distribuzione, la tangenziale e la circonvallazione, soprattutto quest'ultima, ripartiscono la domanda di accesso e i relativi carichi veicolari sulle direttrici di penetrazione nella città compatta. Ad ogni modo, tenuto conto che la viabilità è spesso inadatta, sia per i caratteri storici del tessuto urbano sia per il successivo disordinato sviluppo dei quartieri, si ricava una situazione del traffico di congestione quasi permanentemente, con una "pendolarità" del traffico periferia-centro con caratteristiche particolarmente intense, con tragitti periferia/comuni contermini/centro e ritorno ripetuti più volte al giorno.

Il ricorso quasi esclusivo al trasporto su gomma con auto privata è intrinsecamente incompatibile con il funzionamento della città.

In tal contesto, la mobilità pubblica su gomma assume a Catania un ruolo abbastanza marginale. Il trasporto collettivo urbano non riesce ad essere competitivo con l'automobile, e il suo rilancio invece è essenziale alla risoluzione delle criticità della mobilità, specie se inserito in un contesto multimodale, con attestamenti e nodi di scambio.

Il mancato sostegno di una grande viabilità al processo di espansione della città, ha causato la grande difficoltà, per il mezzo pubblico, di istradarsi su cammini protetti. Questi, ovvero le corsie preferenziali, sono presenti attualmente per lo più nel centro storico-direzionale e non già lungo gli itinerari di collegamento con le prime, seconde e terze periferie. Ciò è motivo di compromissione dell'affidabilità del servizio, e cioè del vero e principale fattore di gradimento dell'offerta di TPL. Di certo la marcia promiscua (insieme alle autovetture private) compromette l'efficienza (la copertura dei costi) e l'efficacia (la risposta dell'utenza) del servizio. Questo fa sì che il TPL ha visto progressivamente ridursi la velocità commerciale, superando di poco la velocità media di 13 km/h.

Attualmente la rete delle corsie riservate è concentrata e continua principalmente nell'area centrale.

#### *TPL su gomma*

Il PGTU prevedeva, per il potenziamento ed il rilancio del trasporto pubblico su gomma, al fine di renderlo pienamente competitivo rispetto al traffico privato, una riorganizzazione complessiva delle reti dei servizi di trasporto basata su:

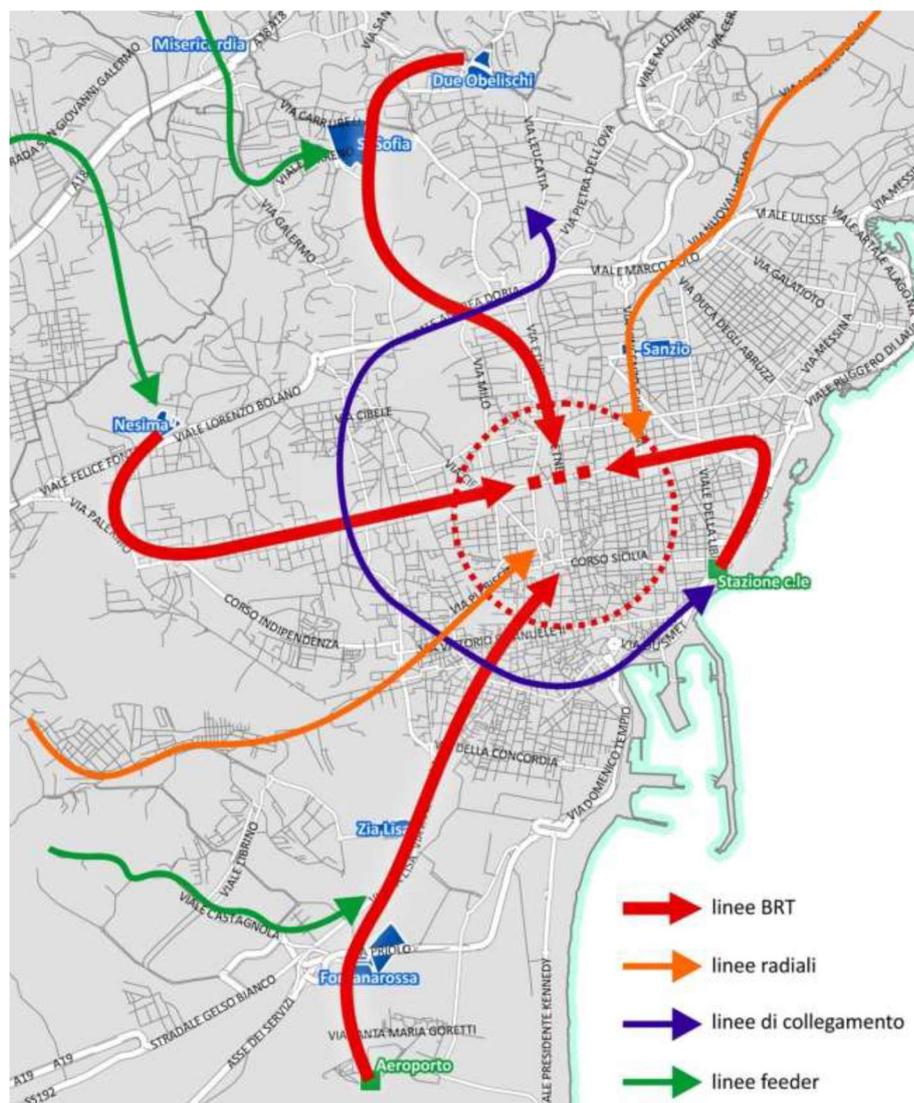
- una rete di linee BRT, che costituisce la dorsale principale del sistema di trasporto su gomma ed assolverà in massima parte all'interscambio con i sistemi di trasporto di categoria superiore (metropolitana FCE e RFI) e con i parcheggi di interscambio, con l'obiettivo di garantire affidabilità e regolarità del servizio;

---

<sup>97</sup> Le destinazioni principali sono le zone centrali, ed in particolare Benedettini, Tribunale, Corso Sicilia, Nicito, Italia - Europa, Provincie, Bovio - Africa, Civita, nonché Picanello Sud, Spedini e Giuffrida Nord.

<sup>98</sup> RAPPORTO MOBILITARIA 2019 POLITICHE DI MOBILITÀ E QUALITÀ DELL'ARIA NELLE 14 CITTÀ E AREE METROPOLITANE 2017-2018 2° RAPPORTO KYOTO CLUB - CNR-IIA IN COLLABORAZIONE CON OPMUS ISFORT

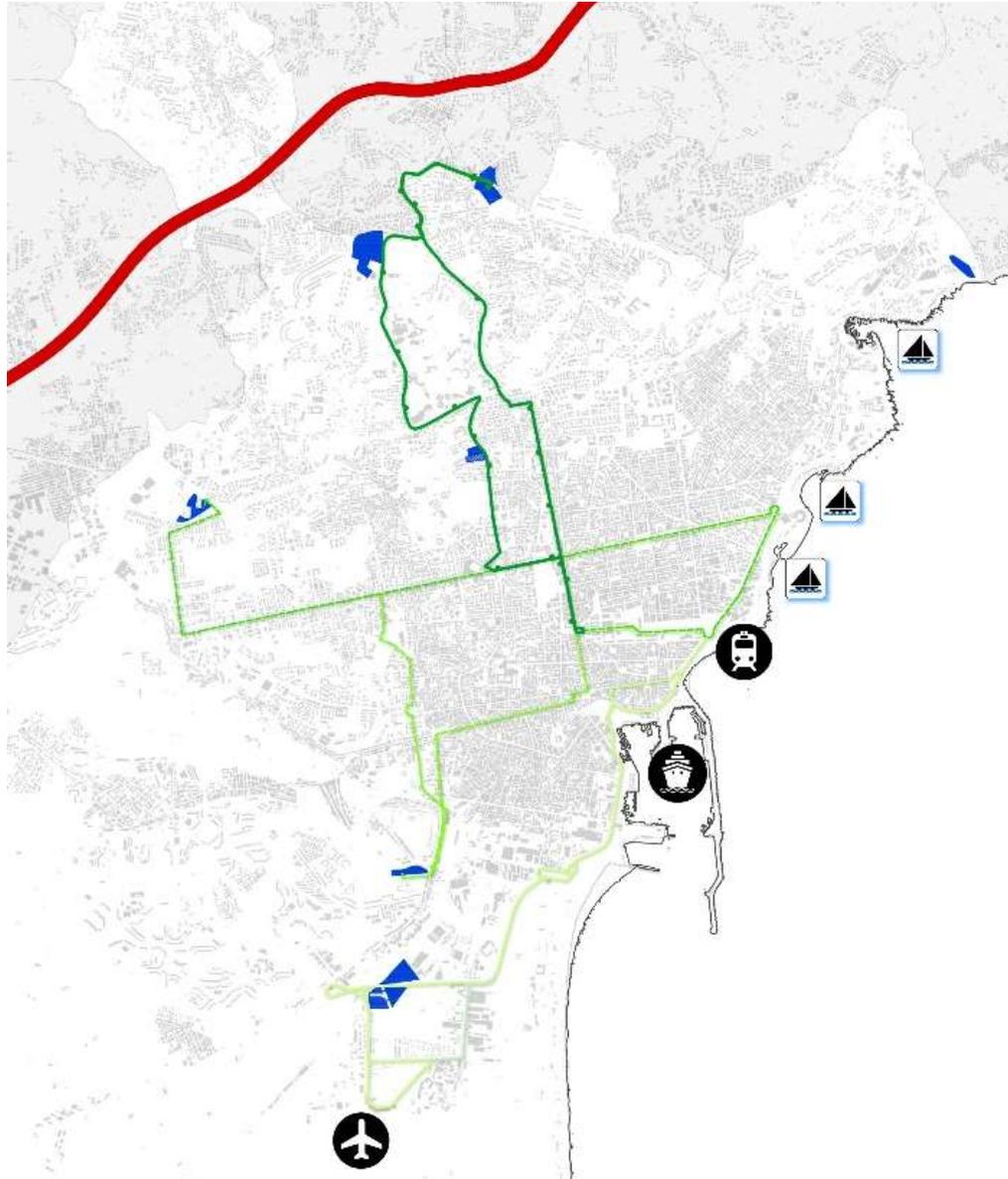
- alcune linee radiali, di collegamento del centro città coi quartieri periferici non direttamente serviti dalle linee BRT;
- alcune linee di collegamento (circolare/trasversale) tra i vari servizi di avvicinamento al centro città (linee BRT o radiali);
- alcune linee di adduzione (*feeder*) per il collegamento delle aree a domanda media e debole alle linee principali del sistema di trasporto.



68. Schema logico esemplificativo della rete TPL integrata con il sistema BRT, fonte PGTU 2013

La rete di BRT, in particolare, prevede la creazione di quattro linee, ed in particolare:

- *BRT1 Due Obelischi – Stesicoro*, unica già pienamente realizzata ed in esercizio, percorso sviluppato per la maggior parte su corsie riservate e protette e capolinea nel parcheggio scambiatore “Due Obelischi”, ai margini limiti amministrativi del capoluogo;
- *BRT2 Nesima – Stazione Centrale*, collega il parcheggio di Nesima con piazza Stesicoro;
- *BRT3 Zia Lisa – Centro*, attestato presso il parcheggio Zia Lisa, a margine del Cimitero, che collega con la zona di piazza Stesicoro attraversando piazza Duomo e la Stazione
- *BRT3a Fontanarossa – Centro*, con capolinea presso l’Aeroporto, che passa dal parcheggio Fontanarossa lungo l’Asse dei Servizi ed arriva a piazza Stesicoro.



**Rete viaria TPL rapido su gomma**

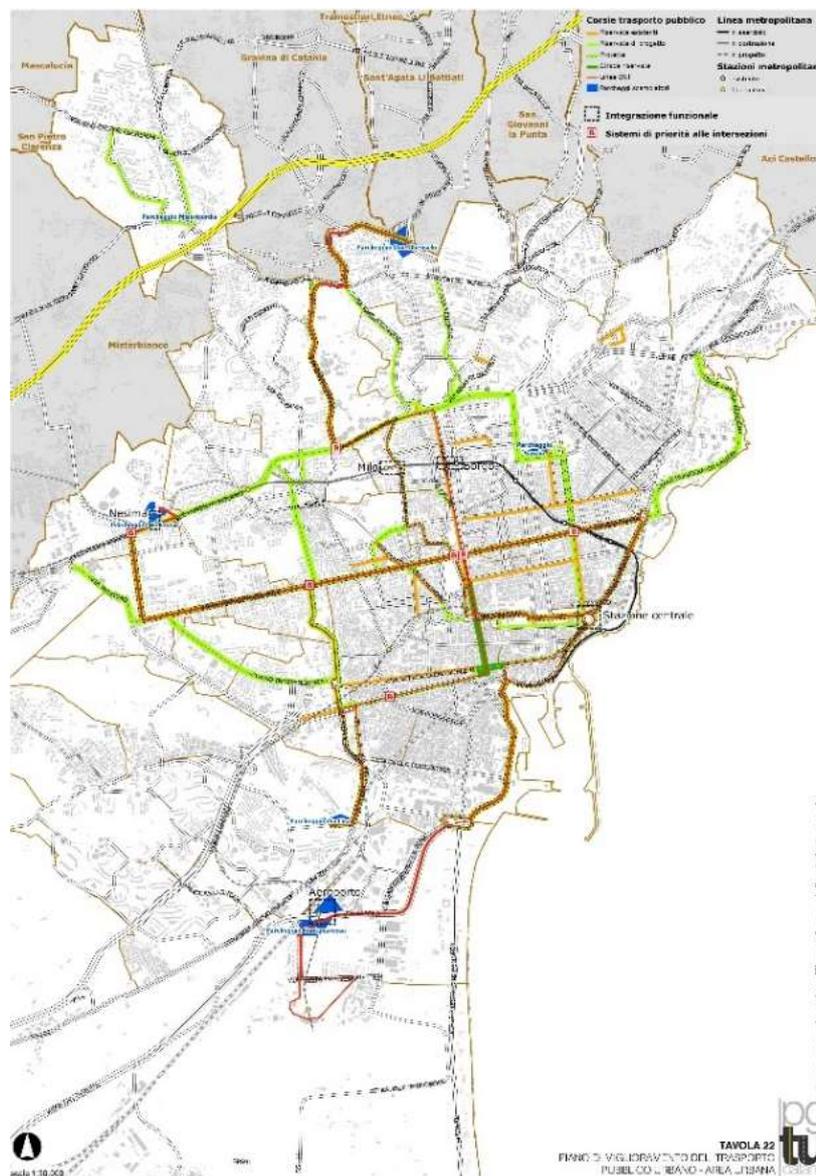
- Fermata BRT 1 AMT (Due obelischi - Stesicoro) in esercizio
- Linea BRT 1 (Due obelischi - Stesicoro) in esercizio : il percorso attuale differisce seppure di poco da quello previsto dal PRG e PGTU
- Linea BRT 2 (Nesima - Stazione Centrale) in previsione
- Linea BRT 3 (Zia Lisa - Centro) in previsione
- Linea BRT 3a (Fontanarossa - Centro) in previsione - Simile all'attuale percorso Alibus in grigio

69. Percorsi linee BRT prevista da PGTU con parcheggi scambiatori

Il sistema è stato pensato in maniera integrata al sistema di trasporto collettivo su ferro di interesse cittadino. Tramite la rete di parcheggi scambiatori già esistenti ed ubicati ai margini della città, il PGTU prevede di limitare l'accesso delle autovetture private al centro cittadino favorendo, piuttosto, uno scambio modale con il bus ad alta velocità e, contestualmente, ridurre la sosta su strada a vantaggio del recupero di spazi urbani ad alto valore, trasferendola in impianti fuori dalle sedi viarie.

Per quanto riguarda lo stato di attuazione, attualmente è in esercizio il solo percorso BRT1.

Le altre linee BRT sono tutte da realizzare per quanto riguarda l'infrastruttura (creazione di corsie riservate e protette con cordoli, posizionamento di nuove fermate dotate di pensilina e sistemi ITS, installazione di semafori a priorità comandati dai bus, sistemi di videosorveglianza per il controllo delle violazioni sulle corsie riservate, miglioramento alle intersezioni, etc.). In attesa di poter effettuare i suddetti investimenti infrastrutturali previsti nel piano di miglioramento del trasporto pubblico urbano del PGTU, analogamente, alcune nuove linee recentemente introdotte da AMT (Librino express e Alibus) si avvicinano ai percorsi previsti dal PGTU per le linee BRT3 e BRT3a, pur non avendo ancora le adeguate caratteristiche infrastrutturali – sopracitate - che devono essere realizzate per raggiungere gli standard qualitativi tipici di servizi di tipo BRT. Gli interventi infrastrutturali programmati riguarderanno pertanto i percorsi individuati in sede di PGTU.



70. Piano di miglioramento del trasporto pubblico urbano previsto nel PGTU

*La rete della mobilità dolce (pedonale e ciclabile)*

Nell'area storico-monumentale sono istituite e già attive aree pedonali e zone a traffico limitato, come l'area pedonale delle piazze Duomo e Università (dotata di dissuasori a scomparsa), l'area pedonale della via Crociferi, la ZTL Teatro Bellini (delimitata dalle vie Etna, Sanguiliano, Ventimiglia e Vittorio Emanuele), la ZTL della via Etna dalla via Collegiata all'incrocio con via Umberto (Giardino Bellini).

All'interno delle maglie individuate dalla rete stradale secondaria<sup>99</sup> si prevede, da previsioni del PGTU, la realizzazione di "Isole Ambientali", e la promozione della mobilità pedonale e ciclabile sulla rete viaria locale. Al loro interno si prevede una velocità massima pari a 30 km/h, valore che permette la maggiore compatibilità tra abitanti, utenti deboli e automobili.

L'azione di potenziamento della ciclabilità in ambito urbano, inquadrata all'interno del PGTU, si basa sull'integrazione, intesa sia in senso "inframodale", ossia tra i vari elementi del sistema di mobilità ciclistica (corsie riservate e piste ciclabili, rastrelliere di parcheggio, stazioni di bike sharing, ecc.), sia anche in senso "intermodale", curando in particolare l'interscambio con il trasporto pubblico urbano ed extraurbano, su gomma e su ferro. Il progetto della rete ciclistica intende garantire priorità ai percorsi che servono scuole, università, nodi del trasporto pubblico, altri poli di attrazione urbana. La rete sarà pertanto integrata con la ferrovia (FS e FCE) e con i servizi autobus, mediante ciclo-stazioni e ciclo parcheggi presso le fermate del trasporto pubblico urbano ed extraurbano.

La rete complessiva è suddivisa in una serie di sottoreti:

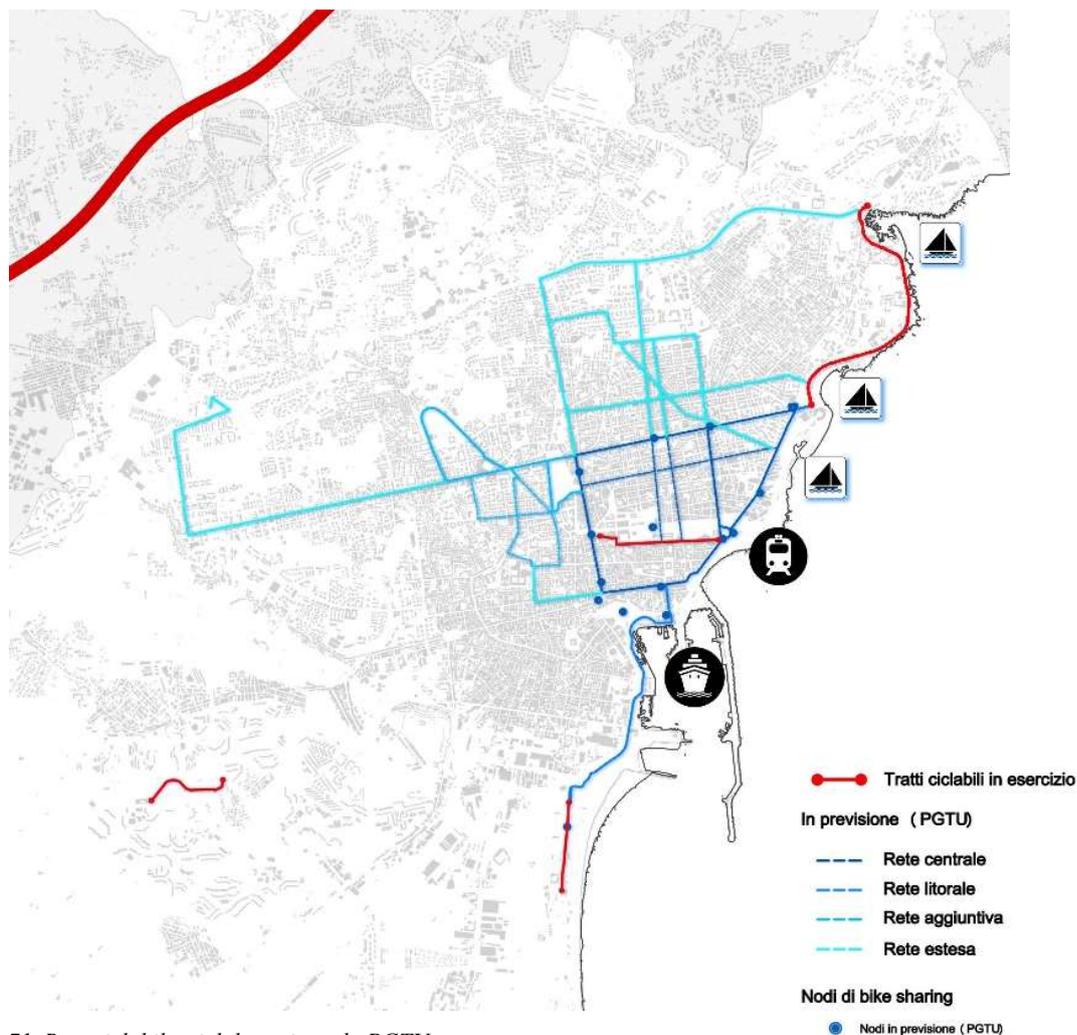
1. *Rete centrale*, ingloba l'attuale tratto già realizzato tra piazza Stesicoro e Giovanni XXIII, son individuate 11 nodi di un ipotetico servizio di bike sharing;
2. *Rete litorale*, completa l'asse ciclabile sulla costa, collegando la già realizzata pista lungo la parte nord della Plaia con la porzione litorale della rete centrale e proseguendo sul lungomare fino ad Ognina.
3. *Rete aggiuntiva*, punta al collegamento col centro di importanti poli di generazione (il fitto tessuto residenziale di Cibali) e attrazione di spostamenti (Stadio, ospedali Garibaldi e Vittorio Emanuele II, Complesso universitario dei Benedettini)
4. *Rete estesa*, intesa come naturale prosecuzione verso Nord della rete,

Nella proposta di rete ciclabile nel PGTU, alcuni tratti sfruttano la possibilità di ammettere il traffico ciclabile anche all'interno delle corsie preferenziali per il trasporto pubblico. Limitatamente a questi tratti, occorre imporre il limite di velocità a 30 km/h. Attualmente le uniche piste ciclabili su corsia riservata, ufficialmente istituite, sono lungo viale Kennedy (zona Playa), il tratto da Piazza Stesicoro a via VI Aprile lungo via G. Di prima, e infine il tratto nord del lungomare da Piazza Mancini Battaglia a Piazza Leonardo Sciascia che fa parte della rete litorale.

La rete ciclabile si integra con la definizione di alcuni itinerari pedonali definiti di "lunga percorrenza", evidenziati all'interno del "Piano della mobilità non motorizzata", riportato di seguito.

---

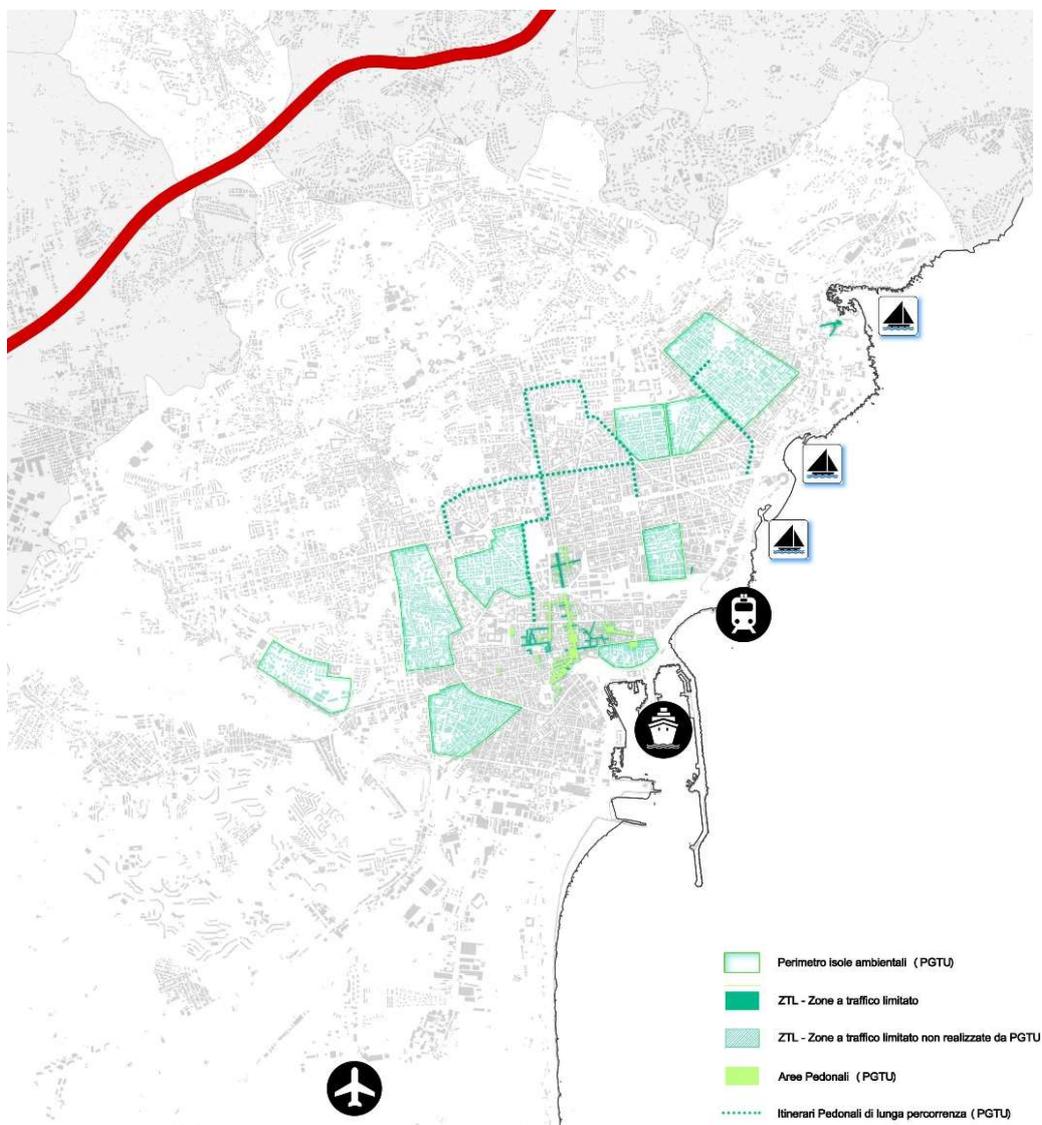
<sup>99</sup> Tale rete serve soprattutto per movimenti di penetrazione e accesso



71. Rete ciclabile, rielaborazione da PGTU

La definizione degli itinerari pedonali di “lunga percorrenza” derivano, in fase di redazione del PGTU, dall’analisi in cui è stata stimata la domanda potenziale di mobilità pedonale ottenuta rappresentando, secondo uno schema a “linee di desiderio”, gli spostamenti effettuati con l’autovettura privata per distanze inferiori al chilometro e per distanze comprese tra 1 e 3 km<sup>100</sup>. L’ipotesi, in sede di PGTU, è stata quella che tali spostamenti, soprattutto quelli definiti ad “alta potenzialità”, possano essere deviati sulla mobilità pedonale; quindi i percorsi che, per effetto di questi potrebbero risultare più battuti, dovrebbero essere pertanto da riqualificare prioritariamente.

<sup>100</sup> Tav. 23 del PGTU

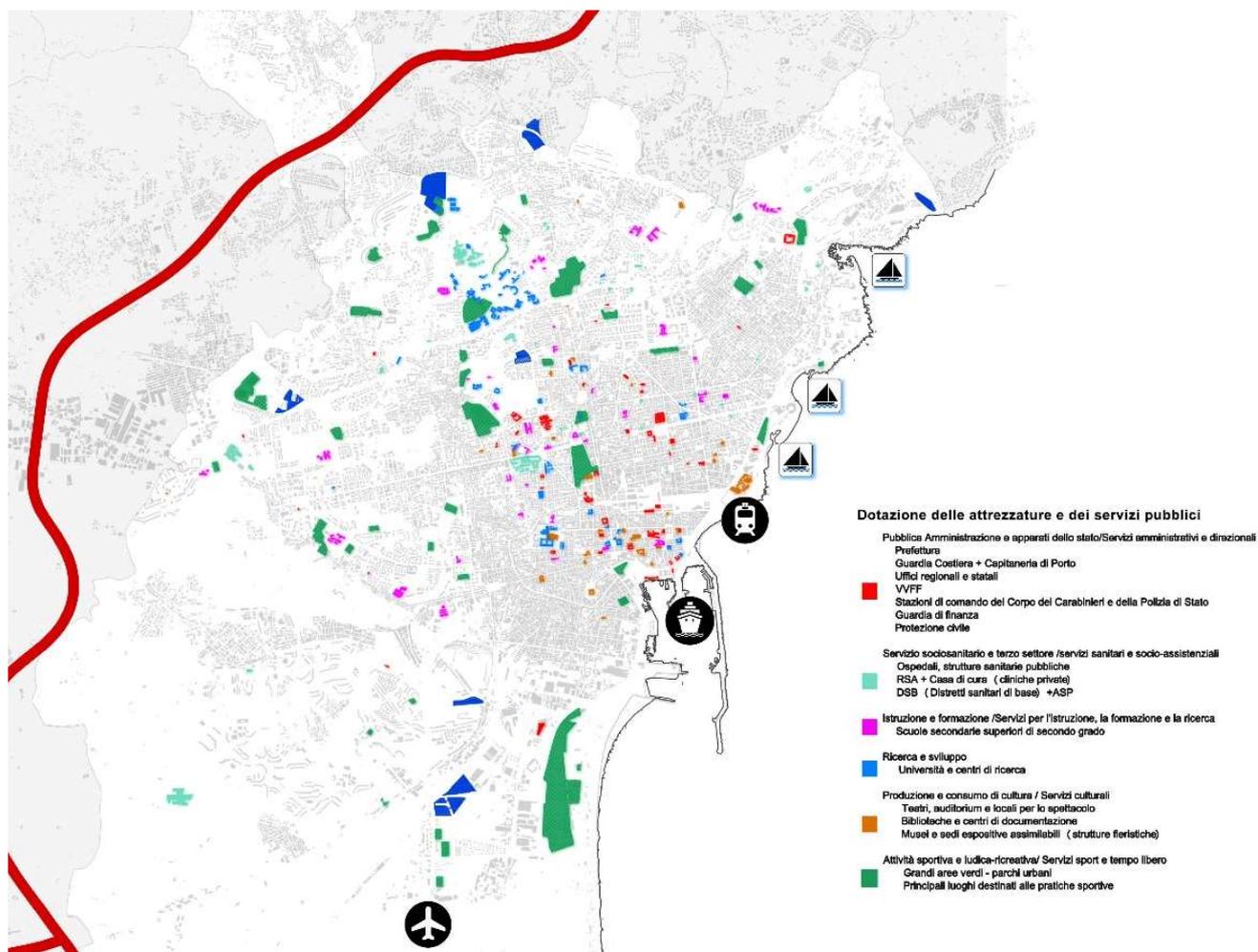


72. Rielaborazione da PGTU – Zone e percorsi della mobilità pedonale

#### 4.2.4. Dotazione delle attrezzature e dei servizi pubblici

Il quadro complessivo delle attrezzature pubbliche in tutta la città mostra una consolidata inadeguatezza, con una dotazione attuale di servizi e aree pubbliche sottodimensionata, non solo rispetto alla popolazione prevista ma anche per la popolazione oggi insediata.

La dotazione attuale di spazi pubblici riservati ad attività collettive, scuola, verde pubblico o parcheggio è pari a circa il 65% del minimo richiesto, con un'elevata carenza di verde nel territorio oggi limitato ai giardini storici, alcuni parchi di più recente realizzazione e di piccole aree verdi. Ancor più insufficienti gli spazi per parchi pubblici urbani e per scuole superiori. Mentre le scelte localizzative condotte dalla politica sanitaria regionale, con l'individuazione dei nuovi grandi poli sanitari che si sono aggiunti, in anni recenti, al preesistente Ospedale Cannizzaro, quali il Garibaldi - Nesima e il San Marco, tutti collocati nelle aree di margine fra l'abitato comunale e le fasce di prima cintura, insieme all'ulteriore potenziamento del Policlinico, e la localizzazione delle diverse sedi ASP, del 118 al Garibaldi centro, hanno dotato Catania di standard sanitari di rango metropolitano adeguati per la popolazione residente.



73. Dotazioni delle attrezzature e dei servizi pubblici

Inoltre sussistono aree lineari o poli estesi, con unità diffuse, sia commerciali (via Etna, corso Italia, Corso delle province, via S. Euplio, via Vittorio Emanuele, ecc.) sia bancario - assicurative (corso Sicilia, viale Vittorio Veneto, via S. Euplio, ecc.). Le polarità anzidette, nel loro complesso, si pongono come destinazioni sistematiche (lavoro e studio) o occasionali/operative (utenti e clienti).

### **4.3. Scenario tendenziale di riferimento nel breve-medio periodo (2025-2030)**

La Città di Catania sta attraversando un grande momento di trasformazione. Il sistema infrastrutturale si è costantemente potenziato nell'ultimo decennio e la principale programmazione dei diversi enti dovrebbe essere completata nell'arco del prossimo quinquennio, rendendo il nodo catanese un hub infrastrutturale di rilievo nazionale e il più attrezzato della Regione Sicilia, rafforzando le opportunità di sviluppo del territorio. In riferimento ai sistemi analizzati nel contesto attuale della città, vengono individuati gli interventi e progetti, già pianificati e/o programmati, che verosimilmente interesseranno l'ambiente urbano catanese nel breve-medio periodo, tenendo conto dei nuovi poli attrattori.

#### **4.3.1. Sistema delle infrastrutture e dei trasporti urbani**

Per gli interventi, ricadenti nell'ambito territoriale della città metropolitana di Catania, si evidenzia che in data 13/05/2005 è stato sottoscritto tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, il Comune di Catania, la RFI S.p.A. e la Ferrovia Circumetnea un protocollo d'intesa, per la definizione di un sistema integrato del TPL a guida vincolata e sua integrazione modale con i restanti sistemi di trasporto, nell'ottica di perseguire una efficace intermodalità, incentrata sulla rete ferroviaria. Gli interventi infrastrutturali più significativi per l'integrazione dei sistemi di trasporto nell'ambito urbano della città metropolitana di Catania sono l'integrazione tra la rete ferroviaria di RFI, quella metropolitana di FCE ed il sistema dei parcheggi di interscambio. La realizzazione dei predetti sistemi integrati, si concretizzerà, in particolare, in corrispondenza dell'aeroporto (Sistema Fontanarossa), della stazione Centrale FS e del Porto (Sistema Giovanni XXIII) e dell'interporto in fase di prossima realizzazione.

#### *Rete viaria*

Con il completamento della viabilità di scorrimento Ognina - Rotolo e il prossimo collegamento di tale arteria con la circonvallazione medesima, questo asse viario avrà un'importante valenza come arteria di collegamento tra il centro cittadino e la circonvallazione di Catania e rappresenterà una via di fuga alternativa a quelle esistenti in caso di eventi calamitosi ed in futuro si estenderà sino in piazza Europa.

Questa trasformazione comporterà un favorevole declassamento del tratto del lungomare da Ognina a Piazza Europa dalla sua situazione di strada di attraversamento a viabilità locale a traffico limitato, orientato alla mobilità ciclistica e pedonale e nuove attività ricreative.

#### *I parcheggi*

Quasi tutti i parcheggi, scambiatori o di destinazione, non ancora realizzati sono stati inseriti nel Programma Triennale delle OO.PP. 2021-2023.

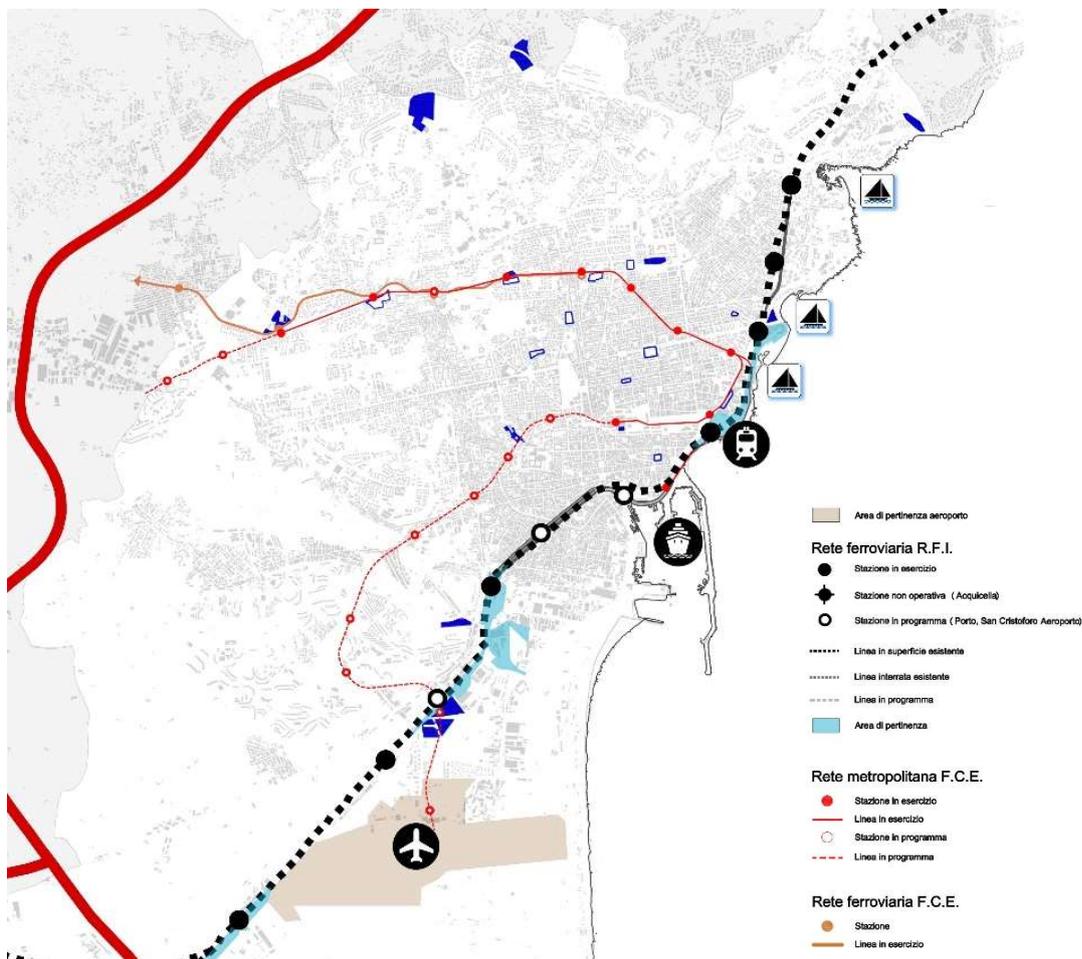
Localizzato all'interno del centro di Catania, a questi è doveroso aggiungere il parcheggio della Stazione Centrale (anche denominato Giovanni XXIII) che assolverà anche alla funzione di vero e proprio terminal di cambio e/o scambio per le linee di trasporto pubblico urbano ed extraurbano (su ferro e su gomma).

#### *La rete ferroviaria*

Nell'ambito dei lavori del "Nodo Catania", relativamente l'area urbana, gli interventi e le opere di futura realizzazione comprendono nel breve termine:

- ristrutturazione e rifunzionalizzazione delle stazione Acquicella e dello scalo merci di Bicocca;
- la realizzazione di una bretella di raccordo con la linea ferroviaria Palermo – Catania.

Sul passante Catania Sud, la tratta Catania Centrale – Acquicella, RFI, dopo alcune ipotesi progettuali, ha redatto un nuovo progetto preliminare con alcune varianti sulla base delle criticità emerse e la nuova soluzione, denominata *Porto 3*, approvato dalla giunta comunale a maggio 2018. Il nuovo tracciato e le stazioni della nuova ferrovia ipogea, nelle parti fuori terra, saranno inoltre interessate da interventi di riqualificazione del waterfront e delle zone d'interazione della città con il porto e la ferrovia. La nuova soluzione, in un tracciato lungo 4.790 m comporterà un miglioramento dell'ingresso per la fermata Duomo/Porto da piazza Paolo Borsellino e una trasformazione del tratto di ferrovia dismessa tra piazza Borsellino e Castello Ursino in un percorso ciclopedonale di ricucitura orientato a favorire la continuità tra gli spazi del tessuto urbano, da realizzarsi sull'attuale trincea ferroviaria e sugli Archi della Marina che si poggiano sulla Villa Pacini. All'eliminazione delle fermate di Catania Acquicella e Catania Ursino, nel quartiere di San Cristoforo è prevista una nuova fermata, ad esse intermedia. Importanti interventi di nuove destinazioni d'uso sono previsti per le opere ferroviarie dismesse attraverso rimozione o riqualificazione delle stesse e di riutilizzo delle aree di Sedime ferroviario indispensabili per la riqualificazione del waterfront.



#### 74. Infrastrutture di mobilità su ferro e parcheggi scambiatori

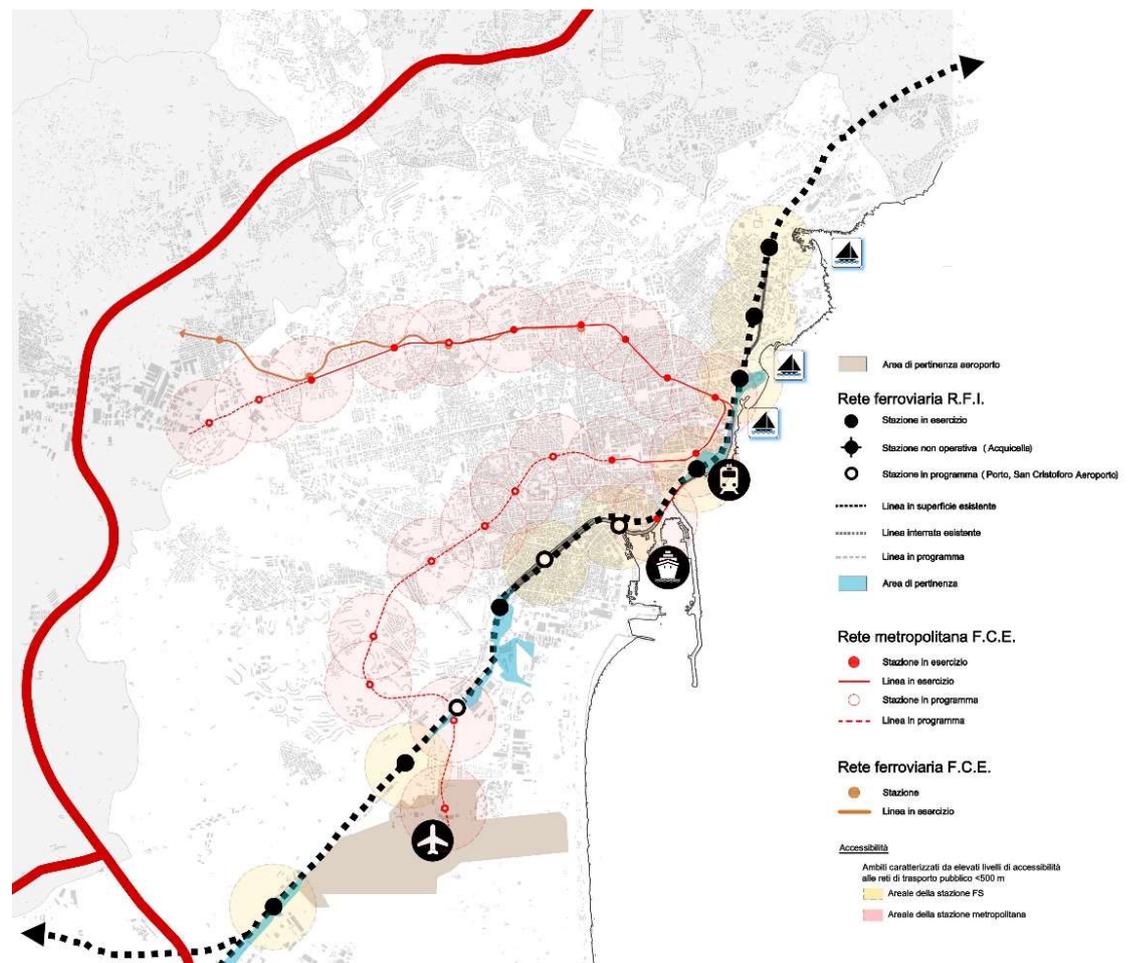
Pertanto le opere previste nel medio termine interessano:

- l'interramento della linea ferroviaria tra Piazza Europa e Piazza dei Martiri, inclusa la stazione di Catania Centrale, riconvertendo l'attuale l'edificio ad altri usi;
- la realizzazione di un nuovo percorso ferroviario interrato a doppio binario tra Piazza dei Martiri e l'attuale stazione di Catania Acquicella, di prevista dismissione;
- la realizzazione di una nuova stazione nei pressi dell'aeroporto di Fontanarossa, in corrispondenza dell'omonimo parcheggio scambiatore e della futura stazione della metropolitana di Santa Maria Goretti;
- la realizzazione di due nuove fermate urbane tra Catania Centrale e Fontanarossa: Catania Duomo/Porto e Catania San Cristoforo;
- la soppressione della fermata di Catania Acquicella.

Inoltre, per consentire l'allungamento della pista dell'aeroporto è in corso di definizione l'interramento della stazione di Bicocca, quindi dei binari a ovest del sedime aeroportuale per consentire la realizzazione di una nuova pista di decollo/atterraggio, che verrebbe profondamente ridimensionata.

Quindi, l'assetto del passante previsto nel medio termine ubicate nell'area urbana di Catania, con il completamento di tutte le opere previste e considerando il nuovo progetto preliminare per il passante sud, sarà il seguente da nord a sud: Cannizzaro, Ognina, Picanello, Europa, Centrale, Duomo/Porto, San Cristoforo, Santa Maria Goretti, Aeroporto Fontanarossa e Bicocca.

Le stazioni di Catania Centrale e Catania Fontanarossa saranno in interconnessione con le stazioni della metropolitana di Catania rispettivamente "Giovanni XXIII" e "Santa Maria Goretti". In quest'ultimo caso, inoltre, si scambierà anche col già esistente parcheggio d'interscambio di Fontanarossa.



75. Infrastrutture di mobilità su ferro e livelli di accessibilità

### *La rete metropolitana*

La realizzazione della restante tratta verso sud Stesicoro - Librino - Aeroporto (lunga 6.9 km con 8 stazioni: San Domenico, Vittorio Emanuele, Palestro, San Leone, Verrazzano, Librino, S.M. Goretti e Aeroporto) consentirà la prosecuzione della linea metropolitana all'interno del centro urbano di Catania e, successivamente, lungo la periferia sud ovest della città fino all'aeroporto, servendo i quartieri popolari Villaggio S. Agata e Librino. L'intervento rientra tra le infrastrutture strategiche individuate nella Legge Obiettivo per il "Nodo di Catania". La tratta Stesicoro - Palestro, in corso di realizzazione, comprenderà tre nuove stazioni e si estenderà per 2,2 km: Stesicoro, San Domenico, Vittorio Emanuele (Ospedale) e Palestro.

Mentre, la futura tratta Nesima - Misterbianco Centro (lunga 3.9 km con 4 stazioni), avrà la funzione di collegare il centro di Catania con i quartieri periferici posti al margine nord-ovest della città densa nonché col vicino centro urbano di Misterbianco e la sua zona industriale e commerciale. Nello specifico la tratta ricadente nell'area urbana di Catania, in avanzata fase di realizzazione, è la Nesima - Monte Po la quale si estenderà per 1,7 km e comprenderà due nuove stazioni in direzione Misterbianco: Fontana (Ospedale Garibaldi - Nesima) e Monte Po.

Con il completamento del programma di sviluppo della metropolitana si avranno, in esercizio da Misterbianco fino all'aeroporto, circa 19.5 km di metropolitana con 24 stazioni a servizio della città metropolitana di Catania.

### *Aeroporto*

La società ha in atto la definizione del nuovo masterplan che conterrà le strategie di sviluppo infrastrutturale che la società di gestione ha individuato con la supervisione dell'ENAC. In esso si prevedono realizzazione della nuova pista di volo posizionata a sud dell'attuale con allungamento verso ovest con conseguente interrimento della ferrovia, necessario per rimuovere possibili conflitti tra le due infrastrutture, e la realizzazione del collegamento intermodale con la ferrovia, e connessione e potenziamento delle reti viarie di accesso all'infrastruttura aeroportuale e con la città.

### *Porto*

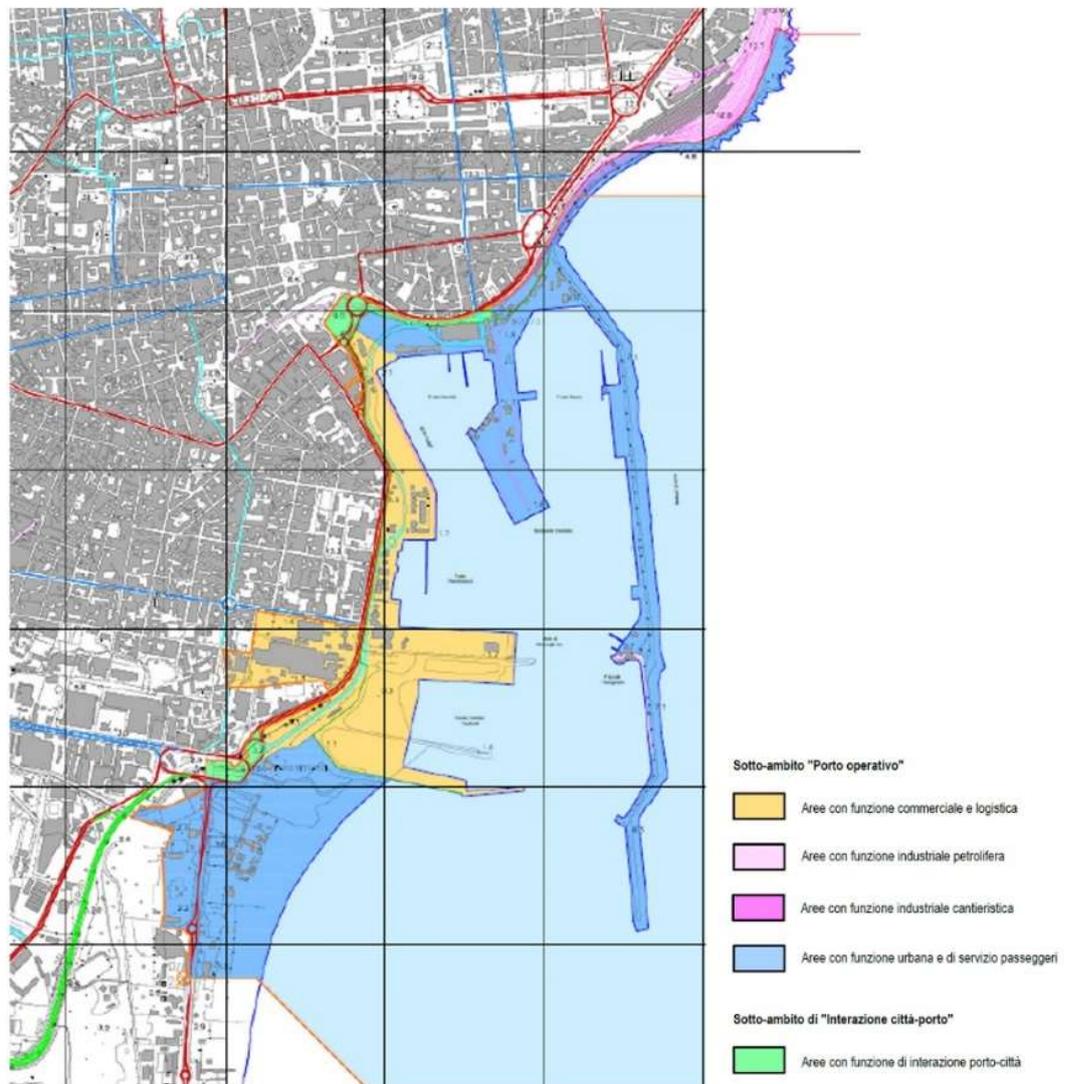
Come indicato nelle Direttive Generali del nuovo PRG, si mira a valorizzare la fascia di interazione fra porto e città, con la realizzazione di percorsi e interconnessioni fra l'area portuale il tessuto urbano. Inoltre si dovrà puntare a creare soluzioni per la razionalizzazione degli spazi ed individuare nuove funzioni urbane per le aree liberate dai vincoli doganali (banchine di riva settentrionali del Porto Vecchio e del Porto Nuovo e le aree retrostanti, insieme allo Sporgente Centrale ed al Molo di Levante) che dovranno avere destinazioni tali da consentire l'uso "urbano" dei piazzali e delle banchine con la previsione di spazi commerciali, uffici, strutture culturali, per il turismo e per il divertimento, per rilanciare le aree del waterfront.

Il DPSS del PRdSP, in riferimento all'ambito portuale di Catania, ha individuato sotto-ambiti e aree funzionali.

Specificatamente il sotto-ambito definito "porto operativo", comprendente le "aree destinate a funzioni strettamente portuali e retro-portuali", le suddivide in:

- Aree con funzione commerciale e logistica;
- Aree con funzione industriale petrolifera;
- Aree con funzione industriale cantieristica;
- Aree con funzione urbana e di servizio passeggeri.

Mentre il sotto ambito definito “interazione città-porto” comprende le sole “aree con funzione di interazione porto-città”.



76. Ambito portuale di Catania – Sotto-ambiti e aree funzionali \_fonte PRdSP, DPSS 2020

#### **4.3.2. Sistema della mobilità urbana**

##### *TPL su gomma*

Oltre al potenziamento della linea BRT1, con incremento della velocità commerciale (riqualificazione e adeguamento di alcune intersezioni, semafori preferenziali, integrazione cordoli) dell'affidabilità, della regolarità della sicurezza e del confort, è prevista la creazione di itinerari protetti e potenziamento e adeguamento dei nodi di interscambio modale per la nuova rete di linee di forza ad alta regolarità (BRT).

Ma la realizzazione degli itinerari per le altre tratte BRT risulta essere però ancora di difficile fattibilità tecnica-operativa dentro la città, se non per brevi tratte, portando a considerarli progetti che non vedranno la luce ancora per molto tempo<sup>101</sup>.

##### *La rete della mobilità dolce (pedonale e ciclabile)*

Come detto in precedenza, il lungomare Europa - Ognina, dopo il completamento della via Alcide De Gasperi, dovrebbe assumere una valenza pedonale e ricreativa, con ciò consentendo la percorrenza ciclistica fino ad Ognina.

L'ampliamento della rete ciclabile prevede la prosecuzione dell'infrastrutturazione dei percorsi di mobilità ciclistica nella configurazione "a rete" già disegnata dal PGTU, ed in particolare della rete litoranea con il completamento dell'asse costiero da Ognina alla zona del Faro Biscari, con riconnessione alla pista esistente su via Kennedy (lungomare Plaja) anche con l'attraversamento dell'area portuale.

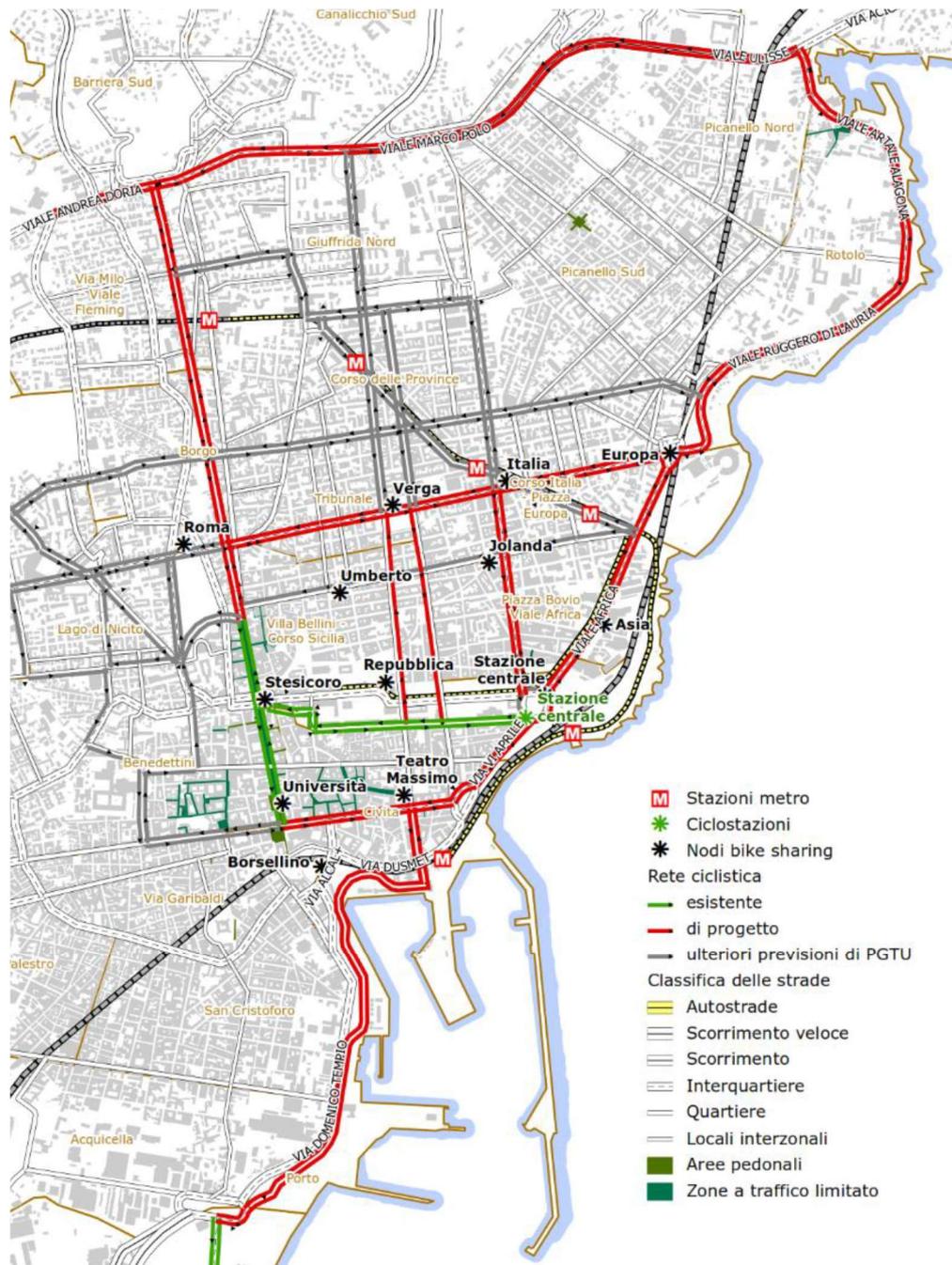
Inoltre, individuando dei punti strategici e di interscambio modale anche con la rete TPL, BRT e metropolitana, è previsto il completamento della rete di percorsi del centro storico e la realizzazione dei collegamenti del tondo Gioeni e della Cittadella Universitaria con il centro storico e la zona di Ognina.

Ricapitolando, nel prossimo futuro il completamento della rete ciclabile vede le seguenti operazioni:

- Completamento dell'itinerario Ognina – Viale Kennedy
- Realizzazione dell'itinerario Gioeni – Ognina
- Realizzazione dell'itinerario Villa Bellini – Gioeni
- Completamento della rete ciclabile centrale (Corso Italia, Viale Libertà, Vie Ventimiglia/Crispi, Via Vittorio Emanuele II).

---

<sup>101</sup> Ing. Bisignani, incontro skype ottobre 2020



77. Rete dei percorsi da realizzare (in rosso), quelli già esistenti in verde ed in grigio le ulteriori previsioni di PGTU; fonte: Piano Operativo Autorità urbana 2020

#### 4.3.3. Dotazione delle attrezzature e dei servizi pubblici

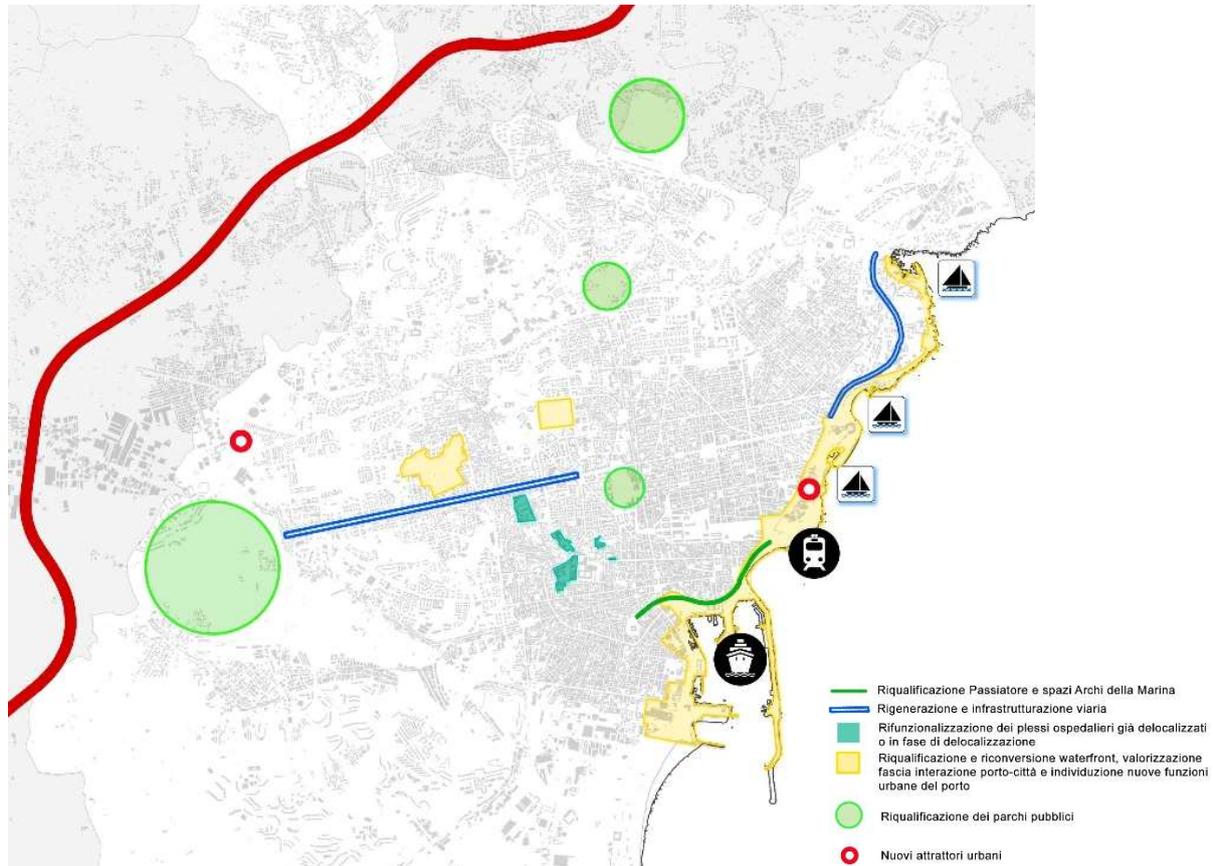
Venendo meno la necessità di recuperare aree destinate al servizio sanitario, viene prevista la necessità di rivisitare le destinazioni e gli utilizzi di quelle, tante, porzioni di tessuti urbani centrali, spesso di notevoli dimensioni, liberate dalle precedenti sedi dei nosocomi storici quali il “Vittorio Emanuele”, “Ferrarotto”, “Santo Bambino”, “Santa Marta”, oggi delocalizzati o in fase di delocalizzazione. Questi edifici potrebbero essere destinati ad attrezzature di interesse comune e/o generale, quali culturali, museali, universitarie, etc. Nelle Direttive Generali del nuovo PRG, si prevedono diversi ambiti di trasformazione e/o rigenerazione, oltre a quelli precedentemente menzionati, quali:

- Rigenerazione del Centro direzionale Cibali, polmone verde nel cuore della città a servizio;
- Delocalizzazione caserma Sommaruga in via Ala;
- Riqualificazione della passeggiata denominata il “Passiatore” (tra piazza Martiri e Stazione Centrale), e rifunzionalizzazione degli spazi dei c.d. “archi della marina”, in funzione degli interventi programmati previsti da RFI.
- Rigenerazione viale Mario Rapisardi, in cui sono presenti centinaia di attività con relativi servizi, prevedendo, altresì la rigenerazione urbana di tutto il territorio;
- Riqualificazione del verde pubblico esistenti, quali Parco Gioeni e Villa Bellini, e previsione di nuovi parchi nelle grandi aree con valenza ambientale quali le colline di Monte Po e di Leucatia, con spazi dedicati a i bambini e aree attrezzate per sport e attività all’aperto;
- Riconversione dei grandi contenitori presenti sul *waterfront* (raffinerie di zolfo, edifici non residenziale in viale Africa, edificio ex Posta, ex cemeniteria, gasometro, mercato ittico);
- Conversione delle sedi di superficie delle rotaie dismesse, sia della Circumetnea che delle Ferrovie, convertite in corridoi di verde pubblico con percorsi pedonali e ciclabili;
- Valorizzazione dei porti turistici lungo il *waterfront*: Ognina, San Giovanni Li Cuti, Caito.

Di prossima realizzazione sono la “Cittadella Giudiziaria” in viale Africa<sup>102</sup> e il “Centro Direzionale della Regione Siciliana” in zona Nesima.

---

<sup>102</sup> Opera strategica inserita nell’elenco degli interventi finalizzati con risorse “Patto per il sud” nella rubrica sicurezza, legalità, e vivibilità del territorio. Esso comprende la riqualificazione e ristrutturazione dell’ex plesso delle Poste Italiane situato al viale Africa da destinare a sede degli uffici giudiziari della città



78. Indicazioni inserite nelle Direttive Generali al nuovo PRG

#### **4.4. Sviluppo di uno scenario urbano “ibrido” alternativo di transizione alla mobilità autonoma e connessa**

Nell’ambito del progetto di dottorato, sulla base dello scenario tendenziale di riferimento al 2025-2030 è stato ipotizzato uno scenario alternativo per una prima implementazione della mobilità autonoma e connessa, in un contesto in cui gli AV condivideranno gli spazi urbani della mobilità e coesisteranno con i veicoli convenzionali.

Nella fase di individuazione dei percorsi si è tenuto conto dei seguenti elementi della città, attuali e in previsione nel prossimo futuro:

- Nodi intermodali strategici (Porto, Aeroporto, futura Stazione FS interrata);
- Sistemi di mobilità urbana con punti di interscambio (rete metropolitana, rete ferroviaria, BRT1);
- Parcheggi urbani scambiatori e di destinazione;
- Rete ciclabile;
- Centralità e luoghi artistici- culturali (centro storico) e turistici;
- Dotazioni di attrezzature e servizi pubblici di rango superiore;
- Nuovi attrattori urbani;
- La riqualificazione del waterfront.

Lo scenario è stato sviluppato secondo due schemi di ipotesi: il primo affronta la mobilità privata, mentre il secondo la mobilità pubblica.

In base al tipo di mobilità, sono stati considerati ulteriori fattori nella scelta dei percorsi come aumentare l’accessibilità in zone poco servite e fornire soluzioni di collegamento di ultimo miglio urbano.

In tal contesto si è voluto sviluppare l’ipotesi verso la nuova mobilità autonoma e connessa come un insieme correlato di strategie che si sviluppano e si coordinano con i nodi strategici e le attrazioni del territorio, per far fronte soprattutto alle esigenze di mobilità di chi vive la città e degli *users* urbani.

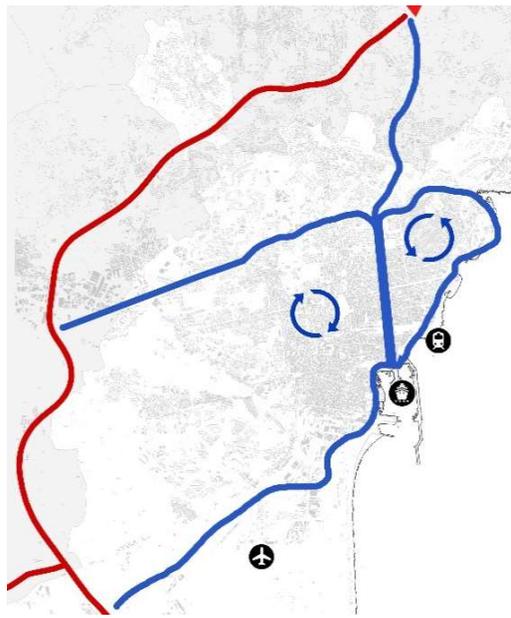
##### **4.4.1 Ipotesi 1 – Mobilità privata**

A partire dalla tangenziale RA 15 “Smart Road”, considerando gli assi di adduzione all’area urbana densa *Viale Mediterraneo* a nord, *Via Felice Fontana* ad ovest e *l’Asse dei Servizi* a sud, sono state individuate alcune arterie della rete primaria di scorrimento e principale di distribuzione, la quali vanno a costituire la *struttura/maglia portante generale* del sistema. Questa è composta da due macro circuiti, definiti *circolare est* e *circolare ovest*.

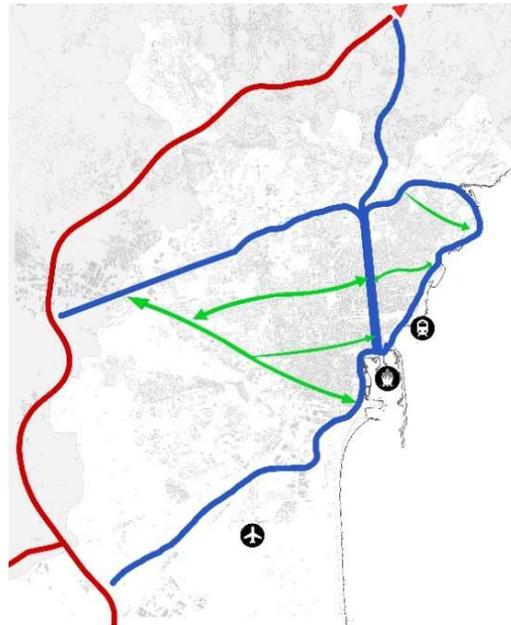
Le *circolari* si identificano in parte sulla circonvallazione, parallela alla tangenziale, la quale rappresenta un importante dorsale della città e da dove partono, secondo uno schema a *pettine*, i percorsi che vanno a servire l’intera città.

Uno di questi percorsi, via Vincenzo Giuffrida, consente di avere un collegamento viario diretto tra la circonvallazione e il Porto. Proprio su questo asse diretto le *due*

*circolari* si incontrano e sovrappongono, arrivando a quella che viene anche definita circonvallazione “orientale”.



79. *Circolare est e circolare ovest, come «maglia portante» generale.*



80. *Circuiti secondari radiali al tessuto urbano denso*

Proprio al Porto potrebbe esserci un primo scambio intermodale, con parcheggio scambiatore, e una prima intersezione con le future piste ciclabili ma soprattutto con la futura stazione ferroviaria “interrata”, che declasserà l’attuale stazione centrale.

La *circolare est* permette di servire tutta la fascia litorale da Ognina al Porto, per la quale è previsto il più grande intervento di rigenerazione e trasformazione urbana, con la riconversione dei grandi contenitori, divenendo la parte “più importante della città”. Su questa fascia, oltre ai servizi attuali e tutti i porti turistici presenti, insisteranno nuovi attrattori urbani come la futura Cittadella Giudiziaria.

La *circolare ovest* intercetta alcune stazioni della metropolitana con i parcheggi scambiatori per poi entrare nel tessuto urbano fino al Porto. Da qui serve come collegamento viario fondamentale tra porto, aeroporto e tangenziale.

Definita la *maglia portante generale* con percorribilità a *loop*, sono stati individuati gli ulteriori elementi di connessione all’interno delle circolari.

Quindi sono stati identificati alcuni *assi secondari “radiali”* che si interconnettono al sistema portante generale autonomo, distribuiscono e penetrano all’interno del tessuto urbano. In particolare quest’ultimi percorsi intercettano il centro storico, l’asse viario est-ovest da Viale Rapisardi a Corso Italia su cui insistono numerose ed importanti

attrezzature e servizi pubblici ma anche aree lineari commerciali con effetto di attrazione urbana.

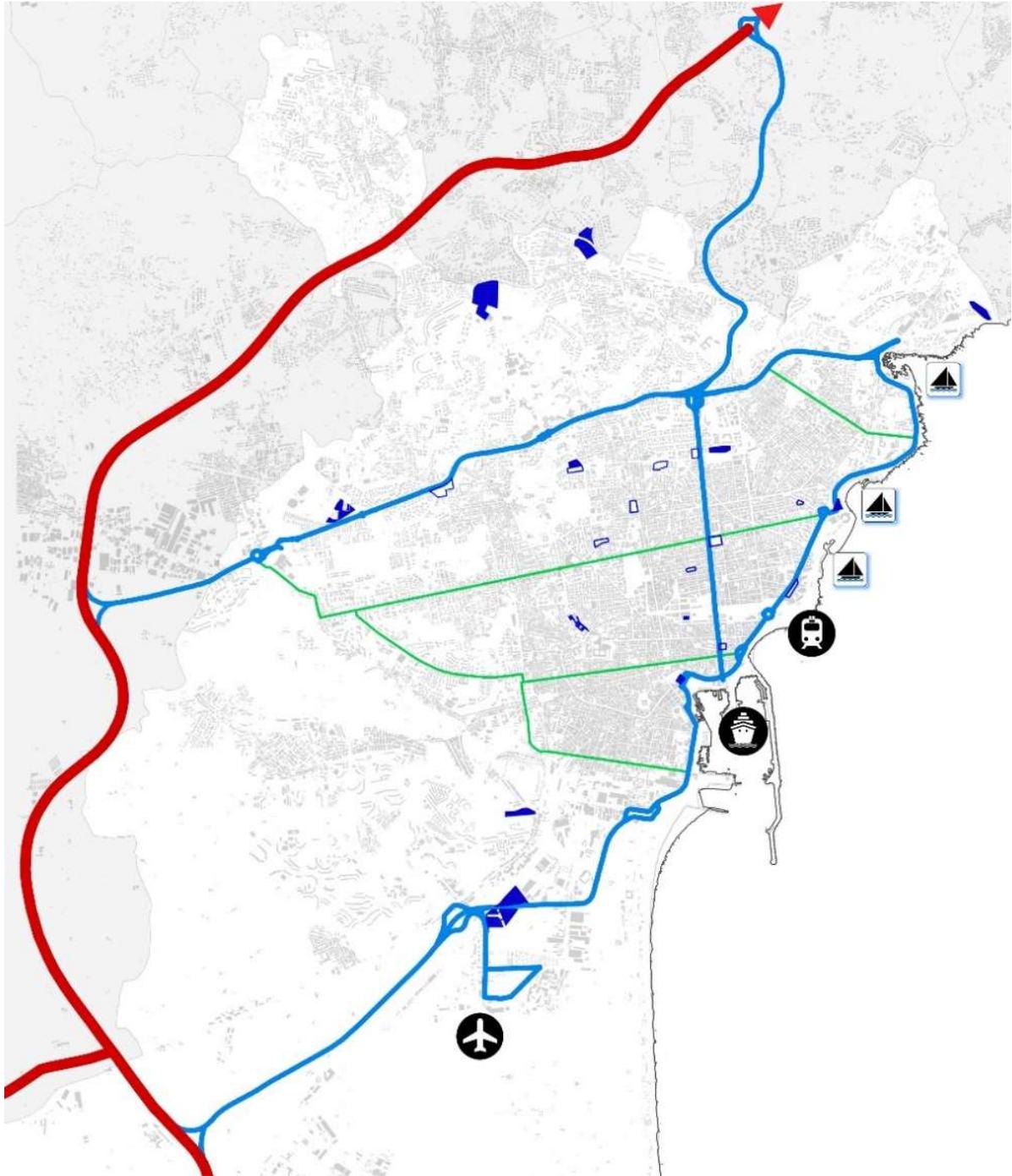
Rispetto al quadro sopra esposto, un ragionamento interessante potrebbe essere condotto per coloro i quali arrivano dalla Tangenziale Smart Road o anche per i pendolari che direttamente dai paesi limitrofi a Catania (San'agata li battiati, San Gregorio, Tremestieri etneo, San Giovanni la punta), senza percorrere la tangenziale, arrivano sulla circonvallazione.

Nella visione di utilizzare la mobilità autonoma e connessa, una volta arrivati sulla circonvallazione – una dorsale di notevole importanza che, si ricorda, delimita l'area urbana densa – gli utenti potrebbero essere direttamente “autoguidati” verso la destinazione finale scelta, o nelle vicinanze alla stessa, all'interno del centro urbano circolando sui percorsi appena definiti.

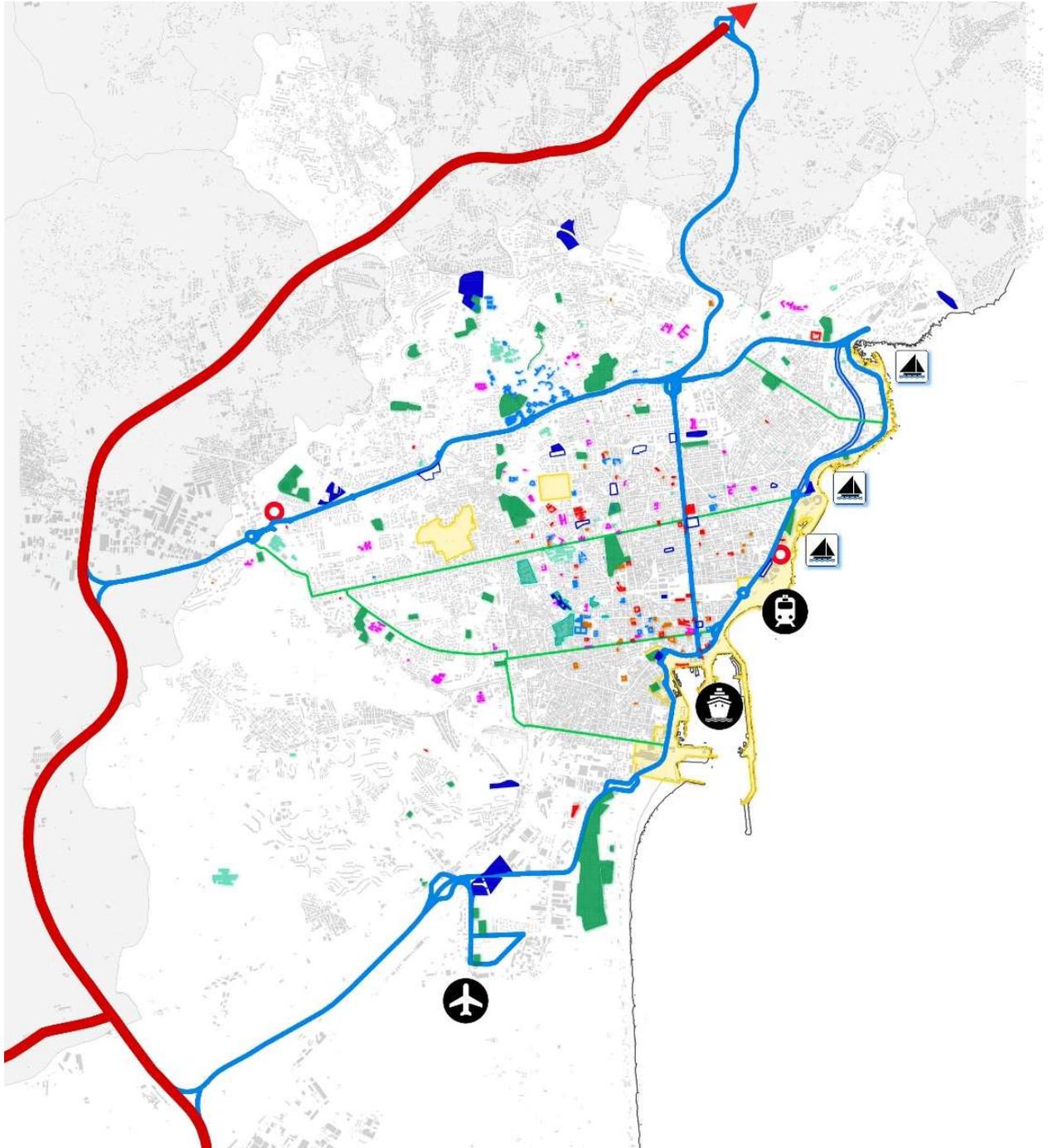
Ipotizzando di inibire nel prossimo futuro la circonvallazione ai veicoli tradizionali e far accedere i soli veicoli autonomi e connessi, questo passaggio potrebbe costituire un punto di svolta. In tal modo si porterebbe ad incoraggiare i veicoli tradizionali a fermarsi direttamente in uno dei parcheggi scambiatori individuati lungo la circonvallazione e utilizzare il TPL, preferibilmente autonomo.

Nella prima fase dello schema di ipotesi si è voluto prima di tutto connettere la tangenziale Smart Road ai nodi intermodali strategici della città (Aeroporto, Porto e futura Stazione FS interrata zona Porto).

Successivamente, la maglia dei percorsi individuati per gli AV privati è stata pensata per intercettare le numerose stazioni della metropolitana, stazioni FS e parcheggi scambiatori e di destinazione, in un'ottica di intermodalità urbana, consentendo lo *shift* modale da mezzo privato a pubblico. Difatti gli AV, una volta lasciati gli utenti alle destinazioni finali, potrebbero condursi al parcheggio scambiatore più vicino localizzato lungo i percorsi “abilitati”, garantendo in tal modo anche una più agevole accessibilità agli utenti deboli ai servizi e attrezzature lungo i predetti percorsi.



81. Ipotesi 1 – Schema circolazione mobilità privata con parcheggi scambiatori e di destinazione



82. *Ipotesi 1* Mobilità privata con attrezzature e servizi pubblici e indicazione da Direttive Generali al nuovo PRG

#### ***4.4.2 Ipotesi 2 – Mobilità pubblica***

In riferimento all'area urbana considerata, gli AV pubblici sono stati ipotizzati per dare prevalentemente una risposta alla mancanza di collegamenti di "ultimo miglio". Come già visto nella fase di analisi dei casi studio, la questione dell'ultimo miglio rappresenta uno dei problemi più diffusi all'interno di molte città, in cui la mancanza di tale collegamento, ad esempio tra le stazioni e/o fermata TPL e i fulcri urbani, condiziona e determina il più delle volte la scelta sulla modalità di spostamento da parte del cittadino sull'intero percorso.

In questa esplorazione gli AV sono stati pensati ad integrazione del sistema di trasporto pubblico urbano, anche come possibile alternativa alle linee BRT in previsione programmata ma non ancora realizzate.

Nell'esplorazione progettuale che si sta conducendo, Piazza Stesicoro con la sua configurazione spaziale, per motivi principalmente infrastrutturali, più adatti e idonei alla captazione dei flussi veicolari, diventa il fulcro per buona parte del sistema.

Sono state individuate le seguenti connessioni urbane con veicoli autonomi pubblici:

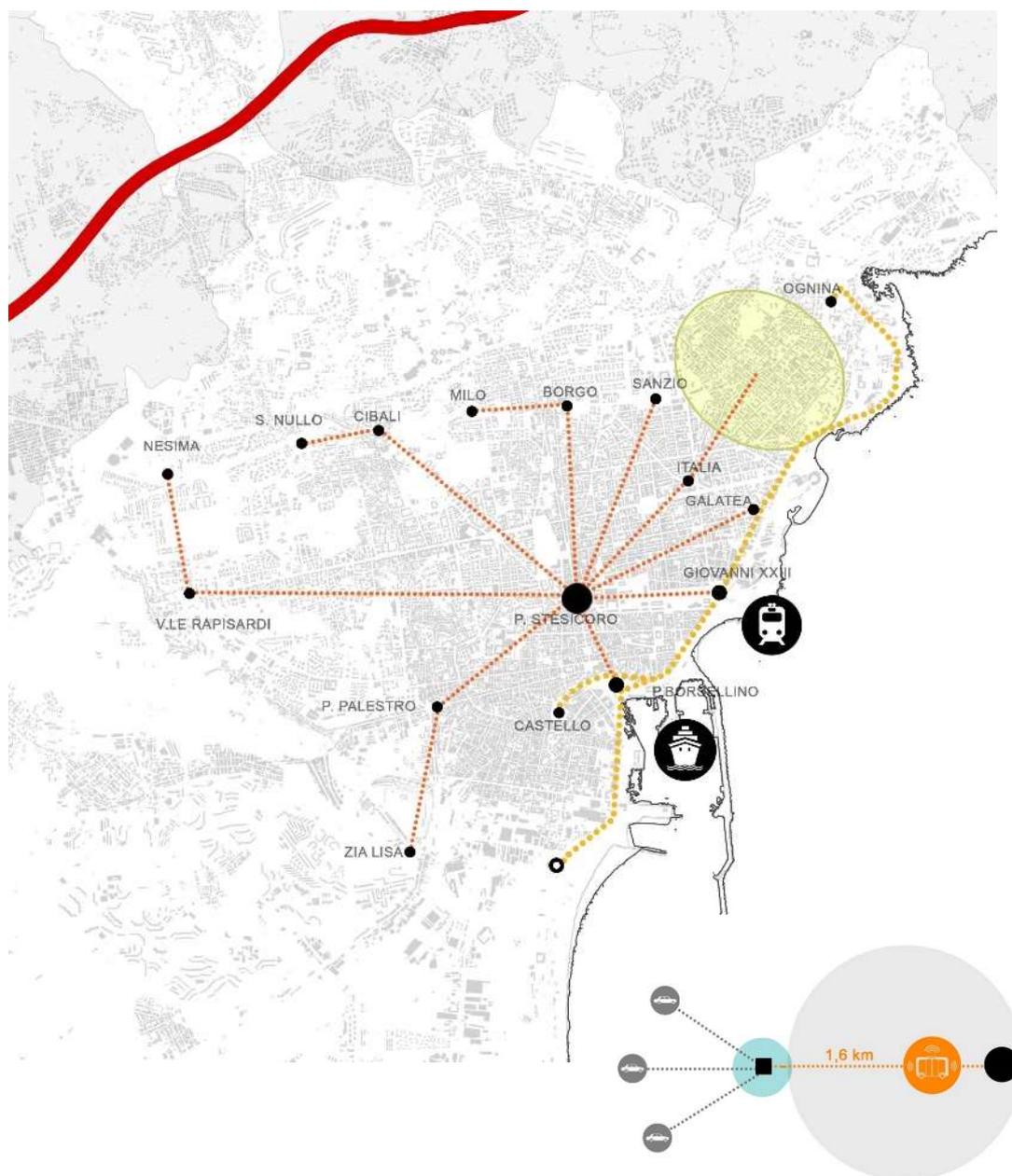
*1- Connessioni di ultimo miglio* tra stazioni della metropolitana e Piazza Stesicoro; parte di queste costituiscono una soluzione alternativa agli spostamenti con automobile tra 1 e 3 km all'interno del centro urbano individuati nel PGTU (TAV. 23) e per i quali lo stesso PGTU prevedeva percorsi pedonali. In questa tipologia rientra anche il percorso con il quale si intende avvicinare il quartiere altamente residenziale di Ognina sud alla stazione della metropolitana lungo il corso Italia. Difatti anche in questo caso molti degli spostamenti effettuati vedono l'uso dell'autovettura privata per una distanza di poco superiore ad un km. Inoltre queste connessioni permetterebbero di dare maggiore accessibilità all'importante asse viario est-ovest, sul quale è previsto la linea BRT2, che oggi e nel prossimo futuro risulterebbe ancora poco accessibile con i sistemi di mobilità su ferro.

*2 – Connessione litorale Ognina - Plaia*, riprendendo l'itinerario della rete ciclabile litorale, in parte già realizzata, il percorso, grazie ad una biforcazione prevista in prossimità di Piazza dei Martiri, sfrutterebbe gli spazi degli Archi della Marina (oggi occupata dalla linea ferrata) consentendo di arrivare in modo diretto al Castello Ursino. Inoltre andrebbe a coprire parte del percorso previsto per la linea BRT3a, dalla Stazione Centrale FS a via Acquicella Porto in prossimità della Plaia;

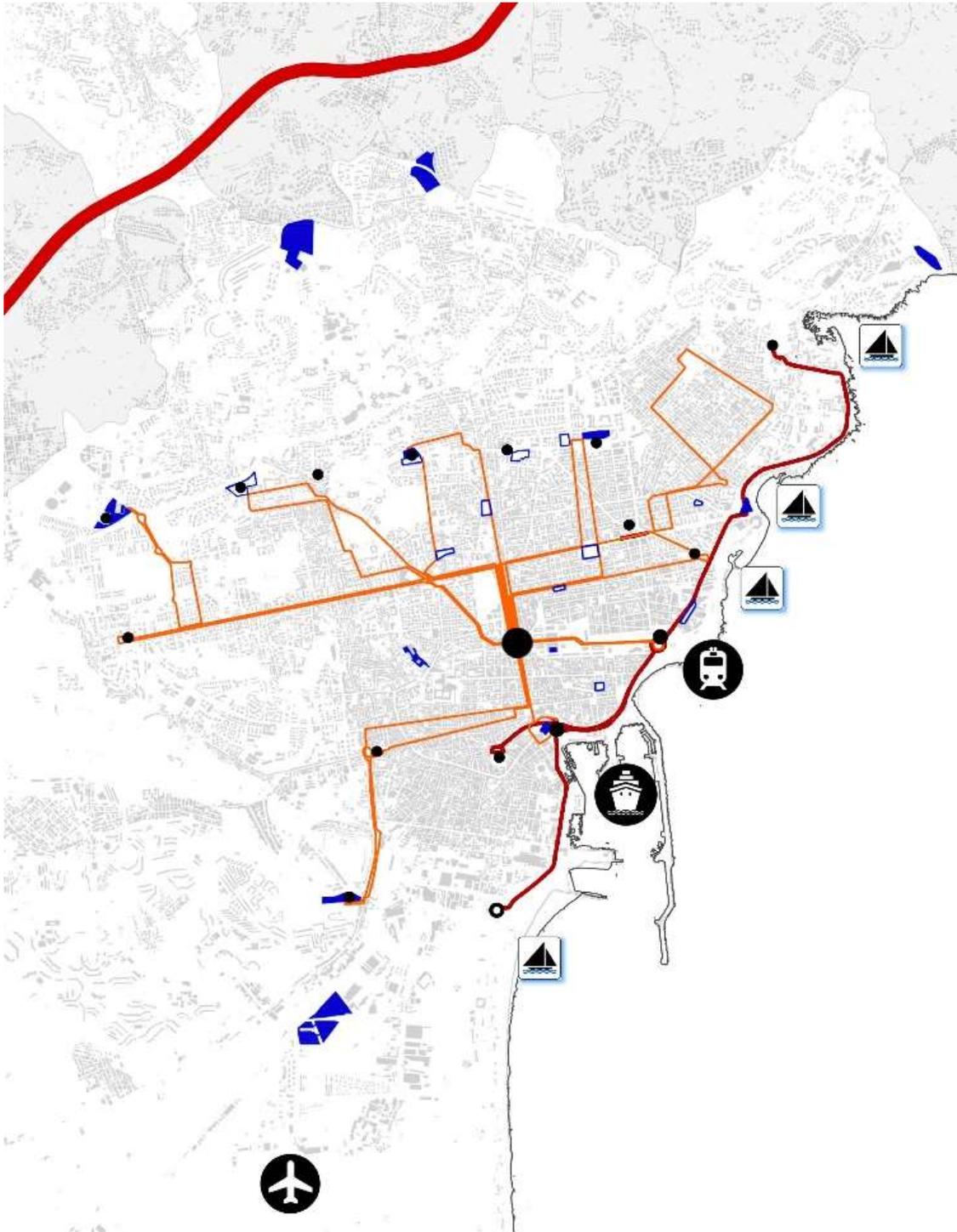
Il tratto da Ognina a Piazza Europa risulta altamente compatibile con la futura previsione destinata come zona altamente pedonale e ciclabile ed a traffico limitato, avendo deviato i flussi veicolari sulla via Alcide De Gasperi, più ad ovest, collegandosi direttamente con la Circonvallazione. La velocità operativa dei veicoli autonomi di circa 20-25 km/h consente un'alta compatibilità con le velocità dei ciclisti, come già visto in precedenza nel caso studio ad Aalborg East. Questa possibilità di condividere il percorso consentirebbe di dire che la rete ciclabile cittadina potrebbe essere ripensata, anche progettualmente, alla luce della possibile condivisione con la nuova mobilità "intelligente".

3- Connessione parcheggio Zia Lisa - Piazza Duomo; in questo caso si riprende parzialmente il tracciato previsto per la linea BRT3;

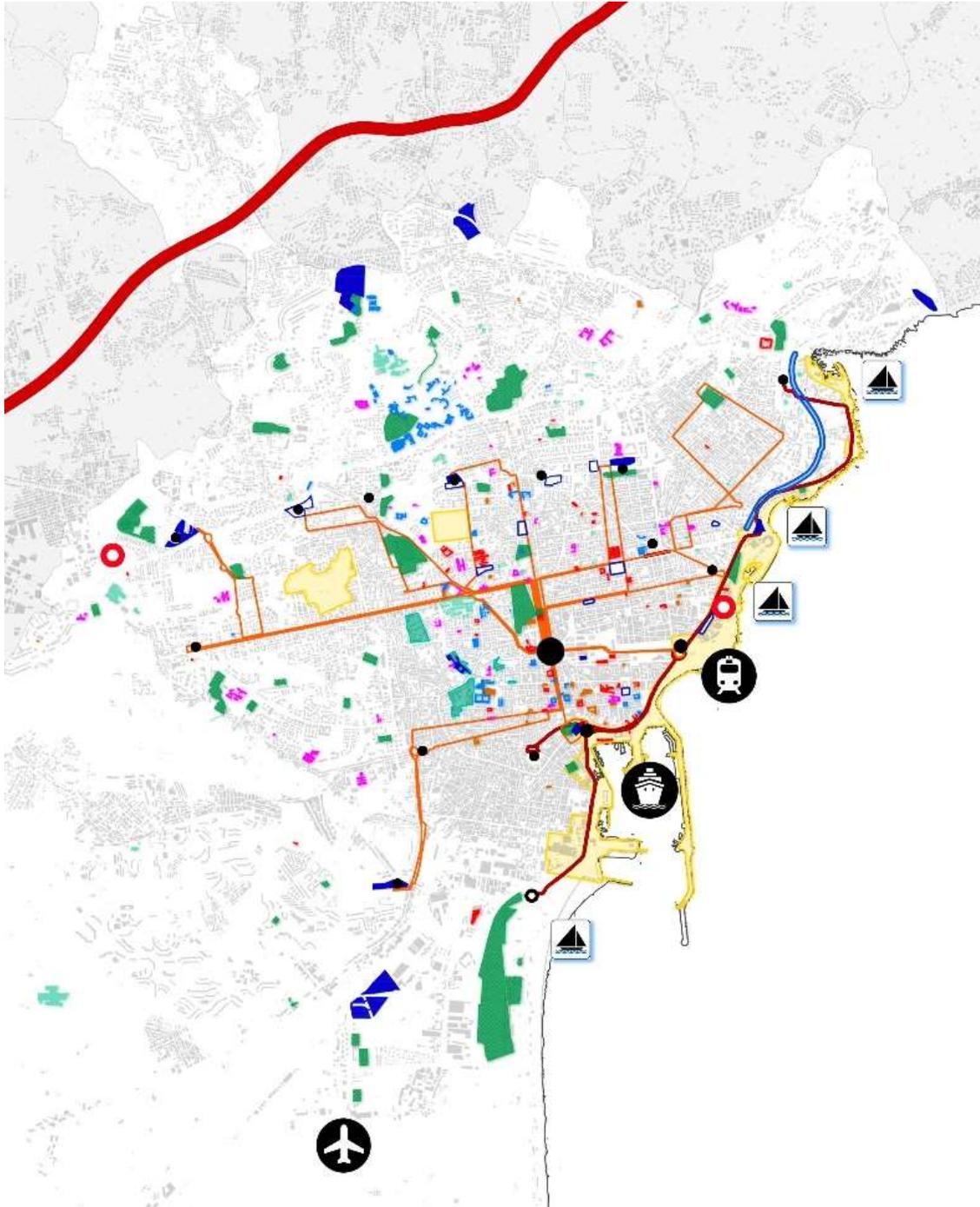
4 – Connessione Porto – Piazza Stesicoro;



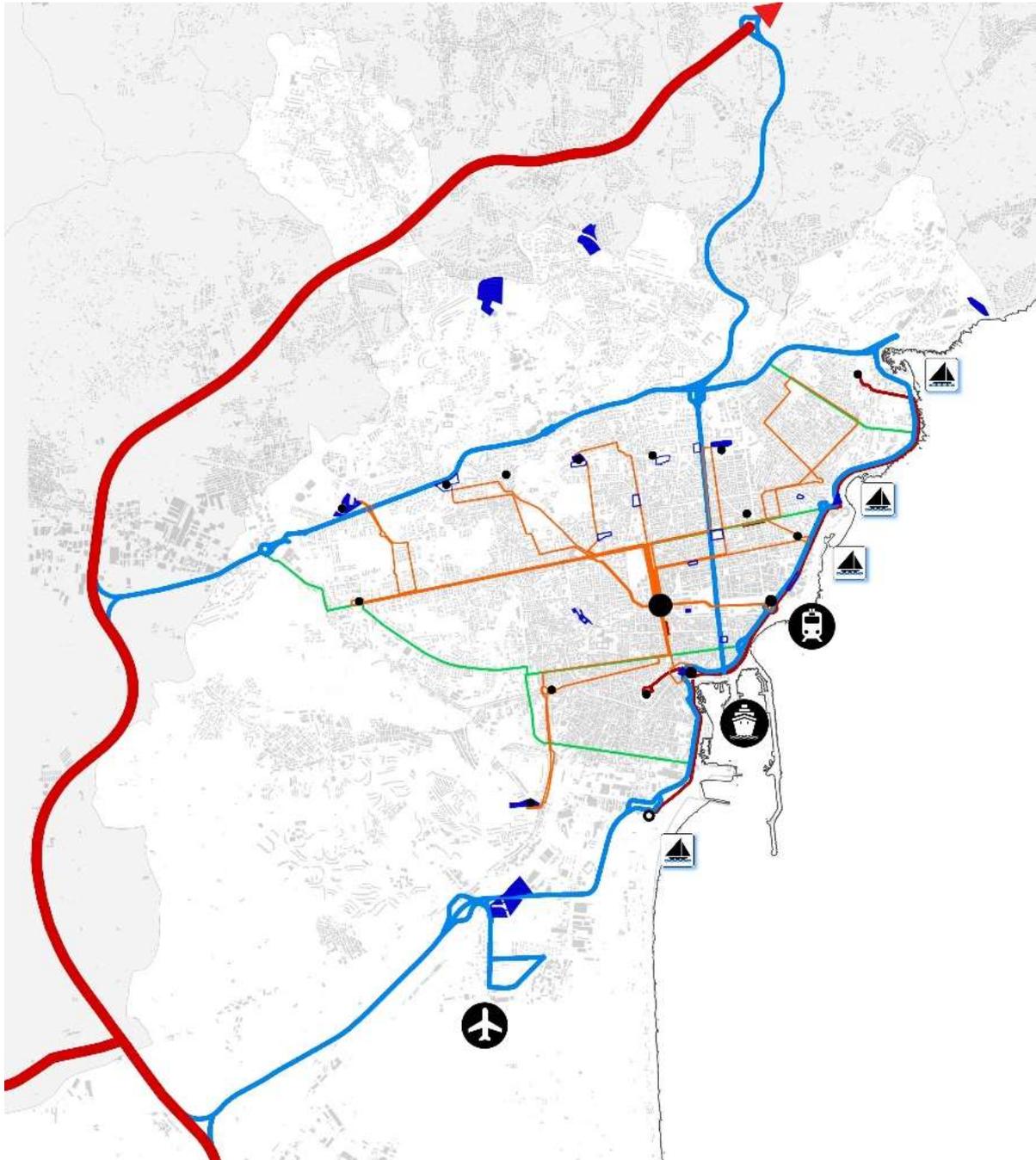
83. Schema esemplificativo delle connessioni con mobilità pubblica



84. Ipotesi 2 - Schema circolazione mobilità pubblica



85. Ipotesi 2 – Schema circolazione mobilità pubblica con attrezzature e servizi pubblici e indicazione da Direttive Generali al nuovo PRG



86. Sovrapposizione dei due schemi ipotizzati per la circolazione della mobilità autonoma e connessa, pubblica e privata.

#### 4.5. Abaco delle nuove regole di progetto a scala urbana

Con l'abaco si intende fornire alcune nuove regole di progetto per indirizzare e contribuire ad avviare la prima fase di transizione alla mobilità autonoma e connessa in ambito urbano nel breve-medio periodo 2025-2030, tenuto conto dell'esplorazione progettuale ipotizzata per la città metropolitana di Catania e delle esperienze europee analizzate nel capitolo precedente.

Le nuove regole sono state suddivise in 3 categorie: *infrastruttura tecnologica*, *infrastruttura fisica* e *mobilità urbana*.

##### *Infrastruttura tecnologica*

1. Realizzazione dell'infrastruttura di ricarica elettrica di idonea capacità e portata per gli AV privati lungo i percorsi individuati, prevalentemente assi di distribuzione, scorrimento e penetrazione, e nelle aree adibite a parcheggio tramite colonnine o nuovi *concept* per l'approvvigionamento energetico;
2. Le stazioni, ferroviarie o metropolitane, e i parcheggi scambiatori e di destinazione dovranno accogliere l'idonea infrastruttura di ricarica elettrica per gli AV pubblici;
3. Trasformazione digitale di tutti i percorsi viari individuati al fine di garantire la connessione C-V2X, tramite:
  - Rete Wired con fibra ottica;
  - WiFi in motion e WiFi DSRC con tecnologia 5G;
  - Aree per l'approvvigionamento energetico dell'intero sistema anzidetto, anche vicino o in prossimità dei predetti percorsi;
  - Centro di controllo locali e centrale;
4. Installazione di OBU sui veicoli tradizionali e sulle flotte TPL anche in sharing; anche tramite app su dispositivi mobili quali cellulari, tablet etc;

Rispetto al punto 3, la trasformazione digitale sarà fondamentale nel caso di percorsi individuati sia per la mobilità privata che pubblica. Nel caso della mobilità pubblica è opportuno affermare che al momento che tali veicoli condividono la stessa carreggiata con i veicoli tradizionali e affrontano incroci stradali, spazi urbani con alti livelli di complessità e punti di interferenze tra i diversi *users* della strada, il predetto processo di *digital transformation* è fondamentale. Ma nel caso in cui i veicoli circolino in sede separata (ad esempio una pista ciclabile come visto ad Aalborg East) da flussi veicolari tradizionali, quindi senza interferenze con altri flussi di mobilità motorizzata, ma condividendo lo spazio urbano con la mobilità dolce (pedoni e ciclisti) potrebbero non richiedere, almeno in un primo momento, l'impiego delle dotazioni tecnologiche e digitali richieste nel resto dei casi. Questo potrebbe essere il caso costituito dall'ipotetico tratto da Piazza Mancini Battaglia fino ad Acquicella a Catania, o il tratto sugli Archi della Marina e ancora il tratto che va dalla futura stazione FS prevista al Porto fino a Piazza Stesicoro, oggi pedonale. In quest'ultimo caso sarà necessario individuare il percorso destinato alla circolazione degli AV pubblici con segnaletica stradale e orizzontale a terra ben visibile, anche con eventuale segnaletica speciale.

### *Infrastruttura fisica*

1. Adeguamento e trasformazione degli assi e percorsi individuati per la circolazione degli AV pubblici tramite la realizzazione di corsie dedicate con eventuali dissuasori e barriere (anche temporanee) per limitare le interferenze con gli altri utenti dello spazio della mobilità; in certi casi queste corsie potrebbero anche essere utilizzate da AV privati lì dove consentito;
2. Realizzazione di apposite aree di imbarco e sbarco passeggeri degli AV, pubblico e privato, lungo i percorsi anzidetti, con preferenza di localizzazione nelle vicinanze dei maggiori poli attrattori e dotazioni di servizi pubblici per i quali vi è una forte richiesta di destinazione giornaliera;
3. Realizzazione di apposite aree/stalli di sosta per gli AV privati lungo i percorsi individuati;
4. Riduzione parziale degli stalli su strada al fine di garantire lo spazio per la corsia dedicata per AV pubblici lì dove richiesta;
5. Creare nuove aree o strutture destinate al parcheggio, anche con nuovi di interscambio, lungo i percorsi individuati, al fine di favorire l'intermodalità quindi potenziare le modalità in *sharing* anche con AV pubblici;
6. I parcheggi in struttura, di interscambio e di destinazione dovranno essere dotati dell'infrastruttura digitale necessaria a garantire la connessione e comunicazione con gli AV (prenotazione stallo, pagamento elettronico, etc);
7. I parcheggi in struttura, di interscambio e di destinazione dovranno essere riconfigurati e riprogettati secondo le nuove possibilità date dagli AV, con diversi spazi dimensionali relativi alla manovra e alla sosta; dovranno prevedere appositi spazi di deposito per AV pubblici; inoltre dovranno fornire la giusta infrastruttura di ricarica elettrica per i veicoli;
8. Riconsiderare le configurazioni spaziali previste per le reti ciclabili in funzione delle possibili condivisioni dei percorsi con AV pubblici, vista l'elevata compatibilità tra i due sistemi;
9. Nei casi in cui le reti ciclabili condividono corsie riservate con il TPL esistente, gli AV pubblici possono rappresentare valida alternativa sui percorsi interessati da questa casistica;
10. Nuova destinazione urbana con diverse funzioni per le aree di sosta liberate dalle nuove strutture di parcheggio.

### *Mobilità urbana*

1. Incentivare l'uso di AV pubblici per soddisfare collegamenti di ultimo miglio urbano, servire aree residenziali poco accessibili con TPL esistente ed integrarli nei casi percorsi ciclo-pedonali dei *waterfront*;
2. Incentivare l'uso del AV pubblici ad integrazione dei servizi TPL e di *sharing* (car, ride..);

3. Le Isole Ambientali dovranno essere servite quanto più possibile sul loro perimetro da percorsi di AV privati e pubblici consentendo a questi ultimi l'accesso secondo regole stabilite (limite velocità, etc);
4. Sugli assi di scorrimento e distribuzione, quindi nel caso di Catania la maglia portante generale con le due circolari, si potrà mantenere un valore di velocità massima di 50 km/h, mentre sugli assi radiali secondari di 30 km/h. Per quel che concerne le connessioni degli AV pubblici è raccomandata, per la prima fase di implementazione, una velocità massima pari ai 20 km/h. Dalle numerose sperimentazioni e da quelle analizzate, tale velocità commerciale risulta altamente compatibile in caso di condivisione di corsia destinata anche alla mobilità ciclabile e TPL. Si rammenta che il valore della velocità commerciale del TPL nella città di Catania si attestava sui 13 km/h. ed il PGTU prevedeva una serie di interventi al fine di avere una velocità commerciale soddisfacente e costante pari ad almeno 15 km/h. Nei casi in cui gli AV pubblici interessano aree o zone pedonali, tale limite potrà essere abbassato tra i 10 e i 15 km/h.
5. Incentivare e promuovere l'uso di AV pubblici informando e coinvolgendo i cittadini

## Abaco riepilogativo delle regole di progetto a scala urbana per l'implementazione della mobilità autonoma e connessa nella fase ibrida di transizione

Infrastruttura tecnologica	Infrastruttura fisica	Mobilità urbana
Realizzazione infrastruttura di ricarica lungo i percorsi individuati e nelle aree adibite a parcheggio per AV privati	Adeguamento e trasformazione degli assi e percorsi individuati per AV pubblici tramite la realizzazione di corsie dedicate con eventuali dissuasori e barriere (anche temporanee)	Incentivare l'uso di AV pubblici per soddisfare collegamenti di ultimo miglio urbano, servire aree residenziali poco accessibili con TPL esistente
Realizzazione infrastruttura di ricarica presso le stazioni, ferroviarie o metropolitane, e i parcheggi scambiatori e di destinazione per AV pubblici	Realizzazione di apposite aree di imbarco e sbarco passeggeri degli AV, pubblico e privato, lungo i percorsi individuati, nelle vicinanze dei maggiori poli attrattori e dotazioni di servizi pubblici con alta destinazione della mobilità giornaliera	Prevedere l'implementazione di AV pubblici lungo i percorsi ciclo-pedonali, in particolar modo nei <i>waterfront</i> urbani
Trasformazione digitale di tutti i percorsi viari individuati per connessione C-V2X: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rete Wired con fibra ottica</li> <li>2. WiFi in motion e WiFi DSRC con tecnologia 5G</li> <li>3. Centro di controllo locali e centrale;</li> <li>4. Aree per l'approvvigionamento energetico a supporto dell'intero sistema</li> </ol>	Realizzazione di apposite aree/stalli di sosta per gli AV privati lungo i percorsi individuati	Le Isole Ambientali dovranno essere servite quanto più possibile sul loro perimetro da percorsi di AV privati e pubblici consentendo a questi ultimi l'accesso secondo regole stabilite (limite velocità, etc);
Installazione di On Board Unit sui veicoli tradizionali e sulle flotte TPL	Creazione di nuove aree o strutture destinate al parcheggio lungo i percorsi individuati al fine di favorire l'intermodalità e potenziare le modalità in <i>sharing</i> anche con AV pubblici,	Per AV privati mantenere una valore di velocità massima di 50 km/h sugli assi di scorrimento e distribuzione (maglia portante generale del sistema), mentre sugli assi radiali secondari di 30 km/h.
Nei casi di percorsi separati (assenza di interferenze con altri flussi veicolari motorizzati) e/o condivisi con mobilità dolce, non è richiesta l'infrastrutturazione tecnologica e digitale per AV pubblici	Riduzione parziale degli stalli su strada per garantire lo spazio della corsia dedicata per AV pubblici lì dove richiesta;	Per AV pubblici, per la prima fase di implementazione, una velocità massima pari ai 20 km/h (velocità attuale commerciale) altamente compatibile con la mobilità ciclabile e TPL
	I parcheggi in struttura, di interscambio e di destinazione dovranno essere dotati dell'infrastruttura digitale necessaria a garantire la connessione e comunicazione con gli AV (prenotazione stallo, pagamento elettronico, etc);	Per AV pubblici in aree e zone pedonali si prevede un limite di velocità tra i 10 e i 15 km/h.
	I parcheggi in struttura, di interscambio e di destinazione dovranno essere riconfigurati e riprogettati secondo le nuove possibilità date dagli AV (nuovi spazi di manovra e di sosta); si dovranno prevedere appositi spazi di deposito per AV pubblici	Incentivare l'uso del AV pubblici ad integrazione dei servizi TPL e di <i>sharing</i> (car, ride..)
	Riconsiderare le configurazioni spaziali previste per le reti ciclabili in funzione delle possibili condivisioni dei percorsi con AV pubblici, vista l'elevata compatibilità tra i due sistemi	Incentivare e promuovere l'uso di AV pubblici informando e coinvolgendo i cittadini
	Nuova destinazione urbana con diverse funzioni per le aree di sosta liberate dalle nuove strutture di parcheggio	

## CAPITOLO 5

### Considerazioni conclusive

La ricerca ha analizzato le trasformazioni che le tecnologie della mobilità hanno indotto alla città, richiedendo prima e modificando poi le infrastrutture di trasporto necessarie sulla costruzione del territorio urbano. In particolare si è spaziato dalla coevoluzione del rapporto tra lo spazio della strada, e più in generale della città, e dell'automobile, fino a giungere all'epoca contemporanea. Oggi, l'era del digitale, vede nuove forme di mobilità, i veicoli *autonomi e connessi*, nati dal recente sviluppo e applicazione dell'intelligenza artificiale al trasporto, avere potenziali impatti sul sistema dei trasporti e sulla trasformazione dell'ambiente urbano nel prossimo futuro.

Stiamo vivendo in un'epoca di profondo cambiamento soprattutto se consideriamo il mondo dell'auto e dei trasporti in genere. Negli ultimi anni infatti la tecnologia ha fatto enormi passi avanti in questo settore e molti sono i benefici che ci si aspetta dalla transizione dai veicoli tradizionali, ai veicoli a guida autonoma; prima di tutto per la diminuzione degli incidenti stradali, che è anche una delle maggiori cause di morte nel mondo. È proprio questo uno degli obiettivi fondamentali delle politiche strategiche sia a livello europeo che italiano e che fa della mobilità autonoma e connessa un elemento di estremo e crescente interesse, testimoniato dalle numerose sperimentazioni e progetti pilota che in passato ed oggi coinvolgono diversi paesi europei per valutare e gestire, rispetto ad una moltitudine di questioni (sicurezza, tpl, abbattimento delle emissioni, connessione ultraveloci 5G, etc), il possibile utilizzo di questa nuova tecnologia sia in ambito territoriale che in ambito urbano.

Potrà inoltre cambiare anche la percezione del tempo di viaggio da parte dell'utente, in quanto il momento dello spostamento potrebbe essere sfruttato per lavorare o fare altre attività durante il viaggio. In questo scenario gli AV si inseriscono in maniera competitiva rispetto l'utilizzo dell'auto privata, poiché favoriscono la catena degli spostamenti fino al, cosiddetto, ultimo miglio.

L'introduzione di mezzi autonomi in futuro, potrà potenziare e andare a soddisfare la domanda tipica in diverse aree della città, soprattutto per i collegamenti di ultimo miglio urbano, in aree urbane poco accessibili o ancora aree a bassa densità, in cui soprattutto i servizi di trasporto collettivo tradizionali faticano ad essere efficaci ed economicamente sostenibili.

Nonostante dunque le grandi aspettative che i veicoli autonomi e connessi stanno generando, la tecnologia deve ancora dimostrare realmente di poter funzionare quale parte integrante del più ampio sistema urbano, con i conseguenti benefici ancora tutti da verificare. Si cerca di agire con prudenza e si sta cercando di comprendere quali siano le sfide più grandi da affrontare.

Il limite maggiore a livello urbano, rispetto la diffusione di tali veicoli, è quello legislativo.

Parimenti alla ricerca e alle riforme strutturali previste - come la riforma della PA digitale - bisognerà rivedere la pianificazione integrandola e dare risposte operative e normative al nuovo spazio giuridico che tale innovazione richiederà; questa direzione

ha, infatti, anche portato alla creazione di un nuovo ministero (MITD) diretto da un manager delle telecomunicazioni.

Le sperimentazioni riguardo questo tipo di mobilità intelligente continuano ad andare avanti, anche in Italia, la normativa non riesce a stare al passo con il rapido progresso tecnologico e di conseguenza tende paradossalmente a diventare un ostacolo alla sua diffusione. L'Italia ad esempio, attualmente non consente la sperimentazione su strada pubblica aperta al traffico ai mezzi nativi esclusivamente per la guida autonoma, come i minibus automatici. L'aggiornamento del decreto *Smart Road* dovrebbe presto consentire questo ulteriore e fondamentale passaggio degli AV in città.

È stato tracciato un quadro di riferimento sul tema della mobilità stradale, analizzandone le prospettive e proponendo delle analisi rispetto i principi di innovazione verso i quali la transizione in atto ci sta guidando, ossia, verso sistemi di cooperazione tra la strada e il veicolo, che siano in grado di minimizzare i fattori di rischio anche grazie alla condivisione di informazioni rispetto le loro condizioni. Tuttavia ad oggi, soprattutto in ambito urbano, siamo abbastanza lontani da questa condizione a causa dell'inadeguatezza funzionale e strutturale della rete stradale, ma anche dei requisiti tecnici e tecnologici di alcuni elementi intrinseci che caratterizzano la città, necessari per il funzionamento dell'intero sistema considerato.

In tal senso la sperimentazione Anas S.p.a. di *smart road* per l'Autostrada del Mediterraneo, il RA15 (Tangenziale di Catania), l'Autostrada 19 - Palermo Catania, etc. dimostra la trasformazione necessaria che l'infrastruttura stradale deve compiere, incrementando l'infrastruttura digitale e i relativi elementi fisici tecnologici operativi di supporto a garantire la comunicazione e connessione V2X, e di come tale trasformazione sia già in atto lungo i corridoi della rete TEN-T che collegano le città metropolitane.

Oggi, l'evoluzione tecnologica ha innescato l'inizio di un nuovo rapporto tra città e mobilità, tra città e veicoli autonomi. Un nodo questo ancora da affrontare che richiederà determinate condizioni alla città, nuovi modi di gestire e governare questo rapporto. Tuttavia, nonostante la consapevolezza in merito all'importanza di governare la diffusione degli AV sia cresciuta, permane una difficoltà nel doversi rapportare con un futuro poco prevedibile. Con ogni probabilità non potremo assistere ad una condizione di implementazione diffusa dei nuovi veicoli intelligenti per molti anni, ma, come visto, la possibilità di una parziale implementazione è già in parte realtà in piccoli contesti locali urbani. La pianificazione urbana può svolgere un ruolo chiave nella transizione alla guida autonoma, poiché possono anche influenzare la direzione dei potenziali impatti. La diffusione futura della guida autonoma, come insegnano le diverse fasi storiche, avrà tuttavia una portata globale e di lunga durata, pertanto è difficile determinare oggi le varie fasi o strategie di diffusione.

Appare dunque necessario, ora più che mai, accompagnare il processo di evoluzione verso la nuova forma di mobilità "intelligente", senza precorrere i tempi, vista l'incertezza sugli scenari futuri, ma privilegiando azioni che allo stesso tempo possano contribuire a migliorare i sistemi e servizi attuali e concorrano a creare le condizioni di base per la transizione alla mobilità del prossimo futuro.

I pianificatori devono concentrarsi sulla modifica dei loro modelli di pianificazione, dell'approccio al progetto e delle caratteristiche tecniche delle strade o ancora degli incroci, per incorporare l'impatto dirompente previsto della tecnologia AV, oltre a trovare modi per riutilizzare in modo intelligente gli usi del suolo e gli edifici attuali, e di come anche questi, come ad esempio nodi intermodali e di cambio strategici della città, dovranno essere "rivisti" considerandone l'eventuale upgrade tecnologico e digitale così come per l'infrastruttura viaria. Appare fondamentale che il predetto processo di transizione alla nuova forma di mobilità "intelligente" richieda all'attuale infrastruttura fisica stradale urbana una fase di trasformazione, in cui i sistemi C-ITS rivestono un ruolo di fondamentale importanza.

È proprio in tale direzione che possiamo pensare che l'innovazione *digitale* sta finalmente arrivando ad integrarsi con lo spazio urbano della strada, da sempre icona e matrice della città, elemento intrinseco costitutivo della stessa. Il potenziale dell'integrazione dei nuovi concetti di *design* relativi agli AV all'infrastruttura della città "intelligente", con il conseguente *upgrading* tecnologico, potrebbe rappresentare il vero passaggio dell'infrastruttura stradale da mera infrastruttura fisica a "piattaforma" urbana, in cui lo spazio fisico e lo spazio digitale, finalmente, si fondono. Da qui, lo spazio della strada si configurerebbe in una nuova infrastruttura urbana "ibrida" *smart*, in cui l'infrastruttura tecnologica-digitale e l'infrastruttura fisica si sovrappongono

Una tecnologia che inciderà molto sulla tipologia di mobilità urbana, orientandosi nella prima fase di implementazione ad integrarsi al più ampio sistema di trasporto pubblico urbano.

Una tecnologia che richiederà una modifica in termini normativi sulla progettazione e trasformazione dello spazio stradale tenuto conto delle possibilità offerte dalla mobilità autonoma, in termini di efficienza dei flussi e minor spazio stradale occupato grazie alla precisione di guida. In tal senso le caratteristiche geometriche - dimensionali delle strade e delle intersezioni, finora adoperate, potrebbero richiedere importanti modifiche e aggiornamenti, riducendo ad esempio la larghezza stessa delle corsie. Alcuni degli elementi caratterizzanti lo spazio stradale potrebbero cessare di esistere, quali spartitraffico ed altri elementi di protezione, vista l'elevata precisione e sicurezza del mezzo.

Sarà necessario avviare una *governance* estesa tra pubblico e privato, per definire gli standard di circolazione dei mezzi sulle strade pubbliche, per valutare i rischi ma anche le opportunità che si presenteranno, e sviluppare politiche volte a garantire gli obiettivi strategici della comunità, tra cui la riduzione della congestione del traffico, la sicurezza, la salute pubblica, il cambiamento climatico e il generale miglioramento della vivibilità nelle aree urbane. La standardizzazione dei sistemi di circolazione e della normativa dovrà prima essere regolamentata non tanto a livello locale ma a quello nazionale, europeo ecc.

I principali attori che hanno un peso nella gestione e anche nella previsione dello sviluppo del sistema di pianificazione urbana e della mobilità in virtù degli AV, come i politici, i pianificatori, gli urbanisti, gli ingegneri, i trasportisti o i sociologi, devono lavorare insieme con il fine di guidare questa complessa fase di transizione affinché i costi esterni siano ridotti il più possibile, anche tenendo conto delle attuali problematiche a cui le città oggi sono chiamate a rispondere al fine di garantire una più

adeguata vivibilità dell'ambiente urbano. All'interno di questo quadro, il sistema di connettività digitale 5G gioca un ruolo fondamentale quale condizione necessaria per abilitare lo sviluppo di servizi a supporto della sicurezza stradale, per raggiungere livelli più elevati di automazione in diverse applicazioni di mobilità e per la digitalizzazione dell'infrastruttura stradale; una necessità che, come abbiamo visto, è riscontrata sia nelle indicazioni dell'UE che nel PNRR.

L'analisi dei casi studio, in particolar modo quelli in cui sono stati adoperati AV pubblici, ha consentito di avere importanti informazioni sulle condizioni tecniche e tecnologiche che hanno interessato e modificato lo spazio infrastrutturale della città, seppur in termini di sperimentazione.

Il graduale passaggio ai nuovi mezzi di mobilità vedrà senza dubbio una prima e necessaria fase "ibrida" in cui coesisteranno le passate e le future forme di mobilità urbana.

L'ipotesi di implementazione progettuale nella città metropolitana di Catania ha rappresentato un'interessante caso su cui sviluppare scenario "ibrido" nel breve-medio periodo 2025-2030. La Città Metropolitana di Catania rappresenta un importante nodo metropolitano lungo il Corridoio Europeo Scandinavo-Mediterraneo della rete *Core TEN-T*. La tangenziale RA 15 di Catania, gestita da ANAS S.p.a., fa parte del suddetto corridoio e presto diventerà un vera *Smart Road*. Quindi partendo dalla futura "dorsale tecnologica" Smart Road della tangenziale, l'ipotesi di implementazione ha individuato un possibile scenario alternativo di mobilità autonoma e connessa riferita alla dimensione urbana nel breve-medio periodo (2025-2030), in un'ottica di connessione alla rete di trasporto stradale trans-europea; un'ipotesi dunque in sinergia con la vision Smart Road di Anas S.p.a. per la realizzazione di servizi e sistemi intelligenti dei quali beneficeranno cittadini, turisti, aziende e amministrazioni.

Lo studio della condizione urbana attuale e tendenziale di riferimento ha creato la base sul quale poter ragionare e individuare i possibili schemi di mobilità AV secondo criteri di accessibilità e connessione ai principali nodi strategici intermodali, ai parcheggi di scambiatori e di destinazione, alle dotazioni di attrezzature e servizi pubblici. In particolare gli AV pubblici costituiscono la risposta alla mancanza di collegamenti di ultimi miglio urbano e alla minore accessibilità ad importanti assi viari, come quelli commerciali della città, offrendo anche una tipologia di servizio pubblico locale che potrà interessare l'amministrazione locale in sede di riqualificazione del *waterfront* etneo. L'innovativa forma di mobilità dovrà considerare tutti i sistemi di trasporto, sia privato che pubblico, sia ciclabile che pedonale, evidenziando quindi la necessità di integrarsi all'interno del più ampio sistema di mobilità esistente; tale fase dovrà essere affrontata con la pianificazione sia urbanistica che di settore e la nuova programmazione infrastrutturale in corso.

Infine l'abaco schematico propone le possibili regole da seguire, quindi gli interventi da effettuare, sia legate alle politiche di mobilità urbana che alle modifiche di infrastrutturazione fisica ed integrazione digitale di alcuni elementi intrinseci della città. Chiaramente, la diffusione di questo nuovo scenario sarà un processo dinamico e duraturo nel tempo in cui, per collegarmi a quanto espresso precedentemente, sarà fondamentale la presenza della pubblica amministrazione, che dovrà gestire al meglio la futura transizione della guida autonoma, mettendo in atto politiche e azioni anche di

contenimento e di trasformazione dove necessari al fine di rendere la mobilità il più sostenibile ed efficiente possibile.

In tal modo la Città di Catania potrebbe essere pronta ad innalzare il suo livello di competitività nel prossimo futuro e abilitarsi a diventare uno dei primi esempi in cui la mobilità autonoma e connessa entra a far parte del più ampio e complesso ambiente urbano “trasformato”, anche in ottica di un’ipotetica rete territoriale europea (tangenziale Smart Road della Rete TEN-T) ed urbana.

La tesi non vuole avere la pretesa di determinare una previsione certa della diffusione degli AV e tanto meno di rispondere in maniera esaustiva a chi si domanda come dovranno essere governati. La ricerca rappresenta uno stato di avanzamento sperimentale di un segmento molto innovativo, che ha delineato lo stato dell’arte, un percorso sul mondo degli AV e sugli impatti che potranno avere in futuro sul territorio, sulla mobilità e sulla società. Sicuramente sono presenti dei limiti e delle criticità dovute all’incertezze di questa nuova tecnologia ma potrà sicuramente servire da base e da stimolo per ulteriori nuovi e futuri studi, in cui sia la città di Catania che ANAS S.p.a. hanno posto le basi affinché il presente lavoro di ricerca sia stato validato.

## APPENDICE

### I. Specifiche funzionali delle *Smart Road*, allegato A al Decreto MIT 28 febbraio 2018 “Modalita' attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica.”

18-4-2018

GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

Serie generale - n. 90

#### 4 Specifiche funzionali delle Smart Road

In questa sezione si elencano le specifiche funzionali delle Smart Road esse sono riportate in termini generali nel seguente elenco di Tabella 1 e ulteriormente declinate per Smart Road di tipo I e II come descritto dalla tabella 2 riportata più oltre.

Tabella 1 – Elenco generale delle specifiche Smart Road

ID	Descrizione Specifica Funzionale
1	Presenza road-side di una rete di comunicazione dei dati ad elevato bit-rate (es.: fibra)
2	Copertura continuativa dell'asse stradale e delle relative pertinenze con servizi di connessione per la IoT e di routing verso la rete di comunicazione dati
3	Road-Side Unit per la comunicazione V2I, localizzati in modo tale da consentire la connessione a veicoli dotati di On-board-unit V2X che soddisfino gli standard di settore
4	Presenza di un sistema di hot-spot Wifi per la connettività dei device personali, dislocati almeno nelle aree di servizio e di parcheggio (ove presenti)
5	Dotazione di un sistema di rilievo del traffico ed enforcement, nonché di rilievo delle condizioni di deflusso, articolato su un livello di maggior dettaglio per le smart road di tipo I, in conformità con quanto descritto nella Sezione A (Rilevo del traffico e delle condizioni di deflusso); i sistemi di rilievo devono avere le caratteristiche minime di qualità delle misure e rispondere alle regole di qualificazione descritte sempre nella Sezione A; il sistema deve essere progettato in maniera tale da minimizzare la propria impronta ecologica ed energetica
6	Dotazione di un sistema di archiviazione dei dati provenienti dal rilievo del traffico e delle condizioni di deflusso con funzionalità di archiviazione e storicizzazione, secondo le specifiche della Sezione A (Rilevo del traffico e delle condizioni di deflusso), nel rispetto della normativa in materia di riservatezza e protezione dei dati personali.
7	Dotazione di un sistema modellistico per la previsione delle condizioni di deflusso a medio breve termine, nonché per la stima/previsione per periodi di tempo successivi, in accordo con le specifiche di dettaglio della Sezione A (Rilevo del traffico e delle condizioni di deflusso)
8	Dotazione di un sistema di monitoraggio in tempo reale delle condizioni climatiche e delle piogge, come dettagliato nella Sezione B (Monitoraggio idro/meteo); il sistema deve essere progettato in maniera tale da minimizzare la propria impronta ecologica ed energetica
9	Capacità, sulla base dei dati di rilievo del traffico e di modelli di previsione di offrire contenuti per servizi avanzati di informazione sul viaggio agli utenti, permettendo eventuali azioni di re-routing; la trasmissione delle informazioni può avvenire utilizzando sistemi di comunicazione V2I, se permesso dagli standard e dalle dotazioni correnti, oppure tramite app web
10	Controllo in tempo reale da una centrale del traffico dotata di programmi di ausilio alla gestione come indicato nella sezione C (Servizi avanzati ITS), che includano la capacità di applicare scenari di gestione del traffico precostituiti (e soggetti a simulazione degli effetti) selezionati e attuati dinamicamente in funzione dei dati di rilievo del traffico e di altre informazioni ricevute da fonti anche eterogenee; gli scenari possono prevedere mix di possibili misure quali ad esempio: deviazioni dei flussi, in caso di ostruzioni gravi; interventi sulle velocità medie, per evitare o risolvere congestioni (speed control); suggerimento di traiettorie e corsie (lane control); gestione dinamica di accessi (ramp metering)
11	Capacità di fornire agli utenti della strada, soprattutto ai guidatori professionisti ed alle flotte aziendali, a richiesta, servizi di gestione dei parcheggi e del rifornimento (con particolare riferimento alla ricarica elettrica)
12	Capacità di fornire, sulla base delle caratteristiche statiche e dinamiche delle infrastrutture, dei dati di rilievo del traffico, delle stime a medio e breve termine delle condizioni di deflusso, del sistema di monitoraggio idro/meteo e di eventuali modelli ed algoritmi specifici, servizi di tipo C ITS secondo le specifiche di cui alla Sezione C3 (Servizi Avanzati di tipo C-ITS); in prima istanza, i servizi devono potere essere fruiti almeno da veicoli di servizio dell'ente gestore/concessionario della smart-road, nonché dai mezzi pesanti transitanti e dotati a bordo di sistemi di comunicazione V2X

Le specifiche funzionali del precedente elenco riferiscono alle Smart Road di tipo I e II in accordo con le previsioni dei commi 1 e 2 dell'articolo 6 del presente decreto e, per le infrastrutture non ricadenti nella fattispecie dei citati commi 1 e 2, con la tempistica riportata in tabella 2.

Tabella 2 – Obblighi di applicazione delle specifiche generali Smart Road

Declinazione dei requisiti per tipologia di Smart Road	Nuova Costruzione Manutenzione Straordinaria	Adeguamento delle infrastrutture esistenti	
		Entro il 2025	Entro il 2030
		Smart Road Tipo I	Tutte, da 1 a 12
Smart Road Tipo II	4, 5, 6, 7, 8, 9	4, 5, 6	7, 8, 9

## II. Intervista all'Ing. Luigi Carrarini

1. Qual è la sua *vision* e quali pensa che siano gli obiettivi dei veicoli autonomi?

*I veicoli autonomi e includerei il progetto Smart Road Anas, con grande anticipo in Europa, consentono l'evoluzione della rete attraverso una graduale trasformazione digitale, grazie alla quale si potrà consentire il dialogo con i veicoli autonomi e quindi connessi di nuova generazione nell'ottica dell'utilizzo dei più avanzati livelli di assistenza alla guida autonoma, in grado di snellire il traffico e ridurre il tasso di l'incidentalità stradale.*

2. Come descrivereste i vantaggi sociali ed economici dei veicoli autonomi? Quali vantaggi vede dall'implementazione dei veicoli autonomi nel caso di un progetto pilota in ambito urbano?

*Miglioramento dell'efficienza nella logistica ed aumento della capacità della rete, riduzione della sinistrosità, dei tempi di spostamento, e delle emissioni inquinanti, sono sicuramente i principali vantaggi sociali dell'implementazione dei veicoli autonomi. Dal punto di vista dei vantaggi economici si potrebbe aprire un discorso molto ampio inerente il concetto di responsabilità civile. La guida autonoma modifica il concetto di responsabilità civile e di conseguenza il costo a carico dell'utente finale potrebbe subire modifiche a suo favore. Inoltre l'utilizzo di sistemi autonomi e intelligenti consente la raccolta di dati quali informazioni relative all'impatto ambientale, analisi delle condizioni dello stato di salute del manto stradale, informazioni sul traffico e sullo stile di guida dell'utente. Tali dati creano ovviamente nuovi scenari di business.*

3. Quali sono le realtà urbane a livello mondiale che hanno già implementato o sono prossime all'adozione dei veicoli autonomi collettivi, come i bus navetta, considerata da molti la mobilità del futuro?

- a) Quali sono le preoccupazioni più significative e i problemi emersi durante i test effettuati nelle diverse città del mondo con i veicoli autonomi?
- b) Quale tipo di preoccupazione/interesse di responsabilità potrebbe ostacolare l'implementazione dei cosiddetti *shuttle* autonomi collettivi?

*a) Esistono attualmente tutta una serie di progetti pilota atti a mostrare i benefici della guida autonoma collettiva. Per esempio a Losanna in svizzera è attivo un progetto che consente l'utilizzo di piccoli veicoli EZ10 in grado di portare studenti e professori dalla fermata della metro fino all'università per un tratto urbano di 2 km. In una piccola città nel nord della Grecia, Trikala, sono diffusi degli autobus elettrici in grado di percorrere circa 3 km senza nessuno al volante all'interno del traffico urbano con velocità massima di 20 km/h.*

*I sistemi di guida autonoma attualmente continuano a compiere errori di valutazione nel riconoscere particolari situazioni di pericolo, si faccia riferimento a quanto accaduto recente con i veicoli Tesla per esempio. L'uomo agisce istintivamente con un tempo di reazione inferiore rispetto a quello necessario all'intelligenza artificiale che processa le informazioni, riconosce la minaccia e successivamente attua la manovra ritenuta più opportuna.*

*b) Le preoccupazioni che emergono sono in genere sempre riferite alla responsabilità, aspetti di tipo legale quindi oltre che di integrazione. Ad oggi è opportuno capire in che modo possano interagire tra di loro veicoli completamente autonomi, connessi e veicoli standard.*

4. In quale arco di tempo vede che i veicoli autonomi condivisi svilupperanno la capacità corrispondete al quinto livello di automazione (automazione completa)?

- a) Quando le tecnologie abilitanti come il lidar, il radar o il riconoscimento di immagini basate su computer saranno sviluppate sufficientemente per consentire questi livelli di funzionalità?
- b) Pensa che i progressi tecnologici sui veicoli autonomi potrebbero essere sviluppati abbastanza per gestire situazioni inaspettate?

*a) Tecnologie quali Lidar ed eventualmente differenti tipi di sensori e radar sono ad oggi molto sviluppate ed efficienti. Il problema persiste nei sistemi che si occupano della valutazione dei dati ricevuti dai sensori prima citati. Indubbiamente il progresso tecnologico è dalla nostra parte e consentirà a breve lo sviluppo di sistemi in grado di garantire elevatissima affidabilità ad incrementare il livello di sicurezza sulle strade, di fatto questo è fondamentale nei contesti cittadini ed urbani, come per quelli extraurbani. Il progresso tecnologico avanza molto velocemente quindi ci si può aspettare una diffusione di veicoli condivisi completamente autonomi già nel decennio in corso.*

*b) Si penso che i progressi tecnologici in un futuro prossimo potrebbero essere in grado anche di gestire situazione inaspettate, grazie alla capacità di prendere decisione sempre più velocemente.*

5. I veicoli autonomi sono dotati di meccanismi di comunicazione da veicolo a veicolo e da veicolo a infrastruttura. Tuttavia, affinché i veicoli autonomi possano operare in tutte le parti delle nostre città, è necessario che le automobili e le infrastrutture esistenti comunichino con i veicoli autonomi. Al momento, tutti i produttori di veicoli autonomi sembrerebbe stiano lavorando con diverse tecnologie di comunicazione V2V e V2I. Di conseguenza, i veicoli dello stesso produttore comunicano tra loro, mentre non possono comunicare con altri veicoli di un altro produttore.

- a) Cosa si dovrebbe fare per creare un ambiente sicuro per l'implementazione dei veicoli autonomi e la sicurezza delle persone?
- b) In che modo i veicoli esistenti possono comunicare con i veicoli autonomi?
- c) Il plotone dei veicoli può essere realizzato/compiuto con i veicoli esistenti su strada?

*a) Questo per Anas è un argomento di grande importanza e di forte attenzione in questi giorni. Garantire l'interoperabilità tra differenti sistemi di comunicazione è fondamentale per ottenere un elevato livello di sicurezza. Ciò è possibile grazie all'utilizzo di sistemi ibridi in grado di consentire la comunicazione e lo scambio di informazioni tra differenti sistemi di comunicazione V2V e V2I, più in generale si adotteranno sistemi di comunicazione C-V2X.*

*b) - c) È opportuno fornire ai veicoli oggi già in circolazione e privi di sistemi di comunicazione, la possibilità di interagire con i sistemi Smart Road e quindi di guida connessa in generale. Ciò può essere realizzato mediante*

*l'utilizzo di dispositivi aftermarket quali OBU da poter installare all'interno dei veicoli, come lo stesso smartphone ormai di grande diffusione, mediante l'utilizzo di opportune App.*

6. Finora i pianificatori non hanno incorporato i veicoli autonomi all'interno dei processi di pianificazione e trasformazione urbana a causa delle insicurezze su quando saranno disponibili e non sapendo cosa sia necessario affinché il veicolo autonomo funzioni in modo sicuro in ambito urbano. Pertanto,
- a) Pensa che l'infrastruttura viaria urbana e l'infrastruttura digitale o altri dati associati dovranno cambiare per adattarsi ai veicoli autonomi? In che modo?
  - b) Anche se non richiesto, ci potrebbero essere cambiamenti all'infrastruttura stradale o operazioni/interventi che faciliterebbero lo sviluppo automatizzato del veicolo?
  - c) Quali potrebbero essere i criteri/indicatori per valutare ed individuare i percorsi viari da sottoporre a questo tipo di trasformazione?
  - d) Quali sarebbero i requisiti minimi tecnici e tecnologici che le strade individuate (spazio pubblico della mobilità) dovrebbero possedere per implementare la mobilità autonoma?
- a) *Ovviamente è fondamentale lo sviluppo di pari passo dei veicoli a guida autonoma e dell'infrastruttura stradale e digitale. Per esempio, l'infrastruttura stradale e digitale nel loro insieme, deve essere in grado di:*
- *Comunicare con i veicoli segnalando la presenza di oggetti lungo il tracciato, la percorrenza della corsia di emergenza e l'avvicinamento alle barriere laterali;*
  - *Segnalare situazioni di pericolo, il superamento limiti di velocità, il mancato rispetto delle distanze di sicurezza, la segnalazione punti pericolosi del tracciato, lo sbandamenti veicoli;*
  - *Tracking dei mezzi di soccorso e avviso della distanza di essi dagli utenti in tempo reale;*
  - *Fornire agli utenti gli alert relativi alle intersezioni stradali a raso, rotatorie e svincoli al fine di fornire agli stessi informazioni relative all'arrivo di altri utenti;*
  - *Fornire informazioni su rallentamenti, congestioni, presenza di incidenti, cantieri e tutto ciò che può causare traffico, integrando anche gli attuali pannelli informativi di traffico installati lungo la rete;*
  - *Segnalare eventuali veicoli lenti o fermi lungo il percorso;*
  - *Fornire informazioni sulle velocità medie e le traiettorie/corsie da seguire per evitare il persistere di nuove congestioni.*
- b) *I principali criteri utilizzati nella scelta dei percorsi viari sono sicuramente l'elevata affluenza di veicoli, la lunghezza della tratta che permette di sperimentare use case in modo adeguato, la tipologia di strada ed eventuale velocità di percorrenza.*
- c) *I requisiti minimi tecnici necessari sono sicuramente la diffusione di sistemi di comunicazione in grado di interconnettere veicoli tra di loro e con la strada.*

7. Nella fase iniziale dei veicoli autonomi, le previsioni sono che tenderanno a ridurre la congestione (quindi inquinamento, qualità dell'aria etc) e aumentare la sicurezza. Quale pensa sia il possibile approccio transitorio ai veicoli autonomi, anche collettivi, pubblici o privati, nello sviluppo della mobilità sostenibile all'interno di una città?

- a) Quale pensa sia il primo meccanismo di attuazione/implementazione dei veicoli autonomi in ambiente urbano?
- b) Pensa che l'infrastruttura di trasporto potrebbe supportare/favorire tali veicoli?
- c) In che modo ciò influenzerebbe i piani di trasporto pubblico della città?
- d) Pensa che far funzionare veicoli autonomi in corsie dedicate/riservate nella fase iniziale sia il giusto passaggio da intraprendere per implementare i veicoli autonomi in ambito urbano?
- e) Come gestire/ la promiscuità dei mezzi di trasporto, autonomi e non, in sede stradale?

*a) Una prima possibile implementazione di guida autonoma in contesto urbano è sicuramente la diffusione di mezzi di trasporto collettivi in grado di collegare brevi tratte anche in via sperimentale. Questo è prevedibile anche perché la diffusione su larga scala di mezzi a guida autonoma privati richiede un effort oneroso da parte del singolo cittadino.*

*b) L'infrastruttura di trasporto seppur ad oggi non supporti la diffusione dei veicoli a guida autonoma, dovrà farlo come già detto mediante opportuno adeguamento tecnologico.*

*c) L'utilizzo di veicoli pubblici e collettivi a guida autonoma consentirebbero sicuramente una riduzione dei tempi di attesa da parte del cittadino interessato o per lo meno una diffusione in tempo reale della situazione del traffico e quindi della stima di arrivo del mezzo alla fermata.*

*d) Assolutamente, in una fase di piloty o di test sarebbe opportuno che i veicoli a guida autonoma viaggiassero su corsie dedicate per poi spostarsi nel traffico quotidiano dopo una attenta valutazione dei dati prodotti dai veicoli autonomi stessi.*

*e) L'utilizzo, come già detto in precedenza, di dispositivi dedicati alla comunicazione V2V e V2I, l'utilizzo di apposite telecamere diffuse in grado di rilevare situazioni di pericolo magari prodotte da veicoli non connessi o autonomi, consente in un primo momento la coesistenza di differenti tipologie di veicoli.*

8. Le navette autonome potrebbero offrire nuove opportunità e forme di mobilità nelle zone che attualmente non sono servite o mal servite dal trasporto pubblico? Potrebbero essere anche una valida alternativa di supporto al TPL in zone, ad esempio, più residenziali?

*Le navette autonome come già testato in altri paesi potrebbero permettere il collegamento di zone attualmente poco servite, permettendo l'utilizzo di mezzi pubblici e riducendo ulteriormente l'utilizzo di mezzi individuali, quali taxi. Ovviamente aumentare la flotta di mezzi pubblici a disposizione del cittadino, autonomi e non, risulta favorevole. È chiaro che se parliamo di mezzi a guida autonoma o eventualmente connessa, i benefici che possono essere tratti sono maggiori e ampiamente già discussi.*

9. In che modo i veicoli autonomi collettivi (come i bus navetta) potrebbero fornire un accesso adeguato agli utenti svantaggiati (anziani e disabili)?

*Immaginiamo che un utente disabile prenoti la fermata del veicolo pubblico autonomo, o con un apposito strumento o con un applicazione, e che il veicolo, in autonomia attivi i supporti dedicati per facilitare la salita e la discesa. Ma gli scenari che possono essere previsti sono molteplici.*

10. A suo parere, il processo di pianificazione e trasformazione urbana, e a che livello, dovrebbe includere i veicoli automatizzati nella loro pianificazione? Come e cosa si dovrebbe fare / dovrebbe esser fatto affinché il pianificatore includa i veicoli automatizzati nel loro programma?

*Ritengo sia opportuno iniziare l'inclusione di veicoli autonomi all'interno di una pianificazione fino a livello 3/4 per poi procedere all'integrazione del livello 5 ovvero, completa automazione con veicoli in grado di assumere tutte le funzioni di guida, con il totale controllo di volante e pedali, solo una volta che i livelli precedenti risultino essere completamente testati e affidabili. Per includere tali veicoli è opportuno che ci sia una rete di comunicazione, un'infrastruttura stradale e tecnologica a supporto di tali veicoli, è quindi richiesto un effort economico iniziale*

11. Le amministrazioni comunali spendono molti soldi per sovvenzionare il trasporto pubblico locale per avere un orario pianificato per il trasporto pubblico. A suo parere, in una fase iniziale di transizione verso la mobilità autonoma, l'utilizzo di veicoli autonomi condivisi potrebbero rappresentare una soluzione di "primo/ultimo miglio" integrata al tradizionale sistema di trasporto pubblico per la città o esserne perfino un sostituto integrale dello stesso? Quali i vantaggi? L'amministrazione comunale sosterebbe tale sviluppo come una prima/iniziale transizione ai veicoli autonomi? Ci sono strategie esistenti che potrebbero funzionare per tali misure?

*Come detto precedentemente un'integrazione primo/ultimo miglio è indubbiamente una valida soluzione per la riduzione dell'utilizzo di mezzi individuali e quindi riduzione del traffico, dell'inquinamento e della incidentalità a livello urbano, ma a mio avviso una vera e propria integrazione inizialmente e poi una reale sostituzione all'attuale sistema di mezzi pubblici sarebbe la soluzione da attuare a lungo termine verso un sistema ITS diffuso a livello urbano.*

*Visto l'impatto positivo che tali sistemi possono apportare al cittadino, le amministrazioni comunali dovrebbero sostenere la diffusione di questi. È chiaro che ogni amministrazione è a se stante e quindi avrà i suoi piani. Come prima strategia di attuazione, si potrebbe dotare la flotta di veicoli pubblici esistenti di sistemi di comunicazione (OBU) in grado di attuare una prima fase di guida connessa per brevi tratti.*

12. Come vede la città metropolitana italiana con l'adozione dei veicoli autonomi quali fornitori di mobilità in futuro?
- a) Che tipo di sfide prevede?
  - b) Potrebbe rappresentare il fondamentale passo verso la trasformazione digitale degli spazi urbani della mobilità dirigendosi verso la condizione di città del futuro?

a) I fornitori di trasporto pubblico potrebbero essere gli stessi, si potrebbe veder nascere anche nuovi fornitori o addirittura veder mutare il concetto di trasporto pubblico come MaaS ovvero Mobility As A Service. Il territorio dovrà adeguarsi agli sviluppi tecnologici e dotare la propria rete stradale della tecnologia necessaria.

b) Ovviamente, sarebbe un grande passo in avanti verso la trasformazione digitale degli spazi urbani, ma questo richiederebbe comunque un forte impegno economico da parte delle amministrazioni locali.

13. Che ruolo vede per lo Stato o per le amministrazioni locali nel processo di implementazione dei veicoli autonomi?

*Lo stato e le amministrazioni locali da parte loro possono sicuramente incentivare la diffusione di tali veicoli realizzando e sviluppando l'infrastruttura adeguata, attuando piani di ecoincentivi per l'acquisto di veicoli a guida autonoma e favorendo così il cambio generazionale per i cittadini. Cosa ancora più importante, attuando piani di investimento a favore dello sviluppo tecnologico in ambito ITS.*

14. Cosa si dovrebbe fare per quanto riguarda il "dilemma sociale" sulla sicurezza degli utenti e dei pedoni? Pensa che un veicolo autonomo dovrebbe scegliere le vittime in caso di incidenti evitabili?

*Se l'incidente è evitabile è chiaro che il veicolo debba attuare le manovre opportune per evitarlo ad ogni costo. Non ritengo sia giusto scegliere le potenziali vittime ma che sia opportuno migliorare sempre più gli algoritmi di valutazione in modo efficace le situazioni di rischio e pericolo in modo da evitare spiacevoli situazioni.*

15. A breve i veicoli completamente automatizzati dovrebbero essere sul mercato. Pensa che lo Stato debba preparare o intraprendere azioni in anticipo?

*Lo stato già ha intrapreso azioni al fine di rendere attuabile il tema della guida autonoma, mediante piani di finanziamento per la realizzazione del progetto Smart Road, il cui scopo è la realizzazione di una strada intelligente e sicura. Ma soprattutto, attraverso il Decreto Smart Road ha permesso la possibilità di testare i veicoli a guida autonoma su strade individuate dai gestori. Ci sono scambi continui tra l'osservatorio Smart Road e tutti coloro che vogliono sperimentare la guida autonoma sulle strade e autostrade italiane.*

16. La nuova mobilità "intelligente" potrebbe influenzare e cambiare la modalità degli spostamenti dei cittadini nei nodi urbani? I cittadini potrebbero esserne attratti?

*Ovviamente la nuova mobilità "intelligente" influenzerà la modalità degli spostamenti, mediante il miglioramento dell'efficienza nella logistica, riduzione della sinistrosità, riduzione dei tempi di spostamento, riduzione dell'impatto ambientale e miglioramento della salute, riduzione dei consumi, riduzione delle emissioni inquinanti, aumenti della capacità della rete.*

*Penso che i cittadini potrebbero esserne attratti dopo evidenze di reale funzionamento.*

## **GLOSSARIO**

**5G:** Fifth generation (tecnologie di quinta generazione per la telefonia cellulare)

**ACEA:** Associazione dei costruttori europei di automobili

**ADAS:** Advanced Driver Assistance Systems

**AI:** Artificial Intelligence

**ANAS:** Azienda nazionale autonoma delle strade

**AP:** Access points

**ARTS:** Automated Road Transport Systems

**AV:** Autonomus vehicle

**BRT:** Bus Rapid Transit

**C.N.R.:** Consiglio Nazionale delle Ricerche

**CCAM:** Connected, Cooperative and Automated Mobility

**CCL:** Centro di Controllo Locale

**CCR:** Centro di Controllo Remoto

**CE:** Commissione Europea

**CES:** Consumer Electronics Show

**CIAM:** Congrès Internationaux d'Architecture Moderne

**C-ITS:** Cooperative Intelligent Transport System

**CMU:** Carnegie Mellon University

**C-V2X:** Cooperative Vehicle to Everything

**DARPA:** Defense Advanced Research Projects Agency

**DEF:** Documento di economia e finanza

**DSRC:** Dedicated Short Range Communication

**FCA:** Fiat Chrysler Automobiles

**GM:** General Motors

**ICT:** Information and Communication Technologies

**IoT:** Internet of Things

**ITS:** Intelligent Transport Systems

**LKA:** Lane Keeping Assist

**MaaS:** Mobility as a Service

**MIMS:** Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

**MIT:** Ministero delle infrastrutture e dei trasporti

**MITD:** Ministero per l'innovazione tecnologica e la transizione digitale

**NC:** Nodo di Centro

**NGEU:** Next Generation EU

**NHTSA:** National Highway Traffic Safety Administration

**NS:** Nodi di Segmento

**OBU:** On Board Unit

**ONU:** Organizzazione delle Nazioni Unite

**PA:** Pubblica amministrazione

**PGM:** Piano Generale della Mobilità

**PGT:** Piano Generale dei Trasporti

**PGTL:** Piano Generale dei Trasporti e della Logistica

**PGTU:** Piano Generale del Traffico Urbano

**PGU:** Piano Urbano Generale  
**PIIM:** Piano integrato delle Infrastrutture e della Mobilità  
**PNRR:** Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza  
**PRdSP:** Piano Regolatore di Sistema Portuale  
**PRG:** Piano Regolatore Generale  
**PRT:** Piano Regionale dei Trasporti  
**PSNPL:** Piano Strategico Nazionale della Portualità e della Logistica  
**PUM:** Piano della Mobilità Urbana  
**PUMS:** Piano Urbano della Mobilità Sostenibile  
**PUP:** Programma Urbano dei Parcheggi  
**PUT:** Piano Urbano del Traffico  
**RFI:** Rete Ferroviaria Italiana  
**RMT:** Road Management Tool  
**RRF:** Recovery and Resilience Facility  
**RS:** Router di Segmento  
**RSU:** Road Side Unit  
**SAE:** Society of Automotive Engineers  
**SNIT:** Sistema Nazionale Integrato dei Trasporti  
**SRIA:** Agenda Strategica per la Ricerca e l'Innovazione  
**STM:** Struttura Tecnica di Missione  
**TEN-T:** Trans-European Transport Network  
**TPL:** Trasporto pubblico locale  
**UE:** Unione Europea  
**V2I:** Vehicle to infrastructure  
**V2P:** Vehicle to pedestrian  
**V2V:** Vehicle to vehicle  
**V2X:** Vehicle to everything  
**VMT:** Vehicle miles traveled

## BIBLIOGRAFIA

### Capitolo 1

- AA.VV., 2003, *Mobility. A room with a view*, Nai Publishers, Rotterdam
- Antonio Sant'Elia, *Manifesto dell'Architettura Futurista*, 11 luglio 1914, in E. Crispolti, *Attraverso l'architettura futurista*, Fonte D'Abisso, Modena, 1984
- Appleyard D., Lynch K., Myer J.R., 1964, *The view from the road*, the M.I.T. Press, Cambridge Mass..
- Ben Joseph E., 2005, *The code of the city. Standards and the hidden language of place making*, The MIT Press, Cambridge.
- Benevolo L., 1992, *Storia dell'architettura moderna, vol. 1 La città industriale*, Laterza ed., Bari
- Benevolo L., 1993, *Storia della città. La città contemporanea*, Laterza, Roma-Bari, (I ed., 1975), vol. 4
- Bohigas O., 1992, *Ricostruire Barcellona*, edizione italiana a cura di Lucio Zazzara, ETAS libri, Milano
- Bohigas O., 1998, "La strada", in *Domus*, 108.
- Buchanan C., 1963, *Traffic in towns. A study of the long term problems of traffic in urban areas*, Her Majesty's stationery office, London
- Calabi D., 2000, *Storia dell'Urbanistica Europea*, Paravia, Torino.
- Cascetta E., 1998, *Teoria e metodi dell'ingegneria dei sistemi di trasporto*, Utet, Torino.
- Cerdà I., 1984, *Teoria generale dell'urbanizzazione*, a cura di A. Lopez de Aberasturi, Jaca Book, Milano, (ed. or. 1867);
- Collins G. R., Flores C., 1968, *Arturo Soria y Mata. La città lineare*, Milano, Il Saggiatore.
- Consonni G., 1986, "La strada urbana tra sentimento e funzione", in *Urbanistica*, n. 83, maggio.
- Crotti S., 1986, "Strade, frontiere interne della trasformazione urbana", in *Urbanistica*, n. 83, maggio.
- D. M. 5 novembre 2001, n. 6792, *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*
- D.Lgs, 30 aprile 1992, n. 286, *Nuovo Codice della Strada. Art 36*
- D.M. 1 aprile 1968, n. 1404, *Distanze minime a protezione del nastro stradale da osservarsi nella edificazione fuori del perimetro dei centri abitati, di cui all'art. 19 della legge 6 agosto 1967, n. 765*
- D.M.19 aprile 2006, *Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali*.
- D.P.R. 495/1992, *Regolamento attuativo Codice della Strada*
- Decreto Interministeriale 2 aprile 1968, n. 1444, *Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra gli spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi, da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge n. 765 del 1967.*

- Dell'Orto A., Innocenti M., Panighetti A., 1997, "Il riassetto ferroviario nelle metropoli europee", in *Urbanistica* n. 109
- Dupuy G., 1995, *Les territoires de l'automobile*, Anthropos, Paris
- Dupuy G., 1997, *Automobile e città*, Il Saggiatore
- Facchinelli L., 2003, "Costruzione della rete autostradale nell'Italia del dopoguerra", in *Trasporti & Cultura*, n. 6, maggio-agosto.
- Fishman R., 1982, *Urban Utopias in the Twentieth Century: Ebenezer Howard, Frank Lloyd Wright, and Le Corbusier*, MIT Press.
- Gabellini P., 2001, *Tecniche urbanistiche*, Carocci ed., Roma
- Gasparrini C., 2003, *Passeggeri e viaggiatori*, Meltemi, Roma.
- Gaudin J.P., 1989, "Dalla "rue" alla "route"", in *Casabella*, n. 553-554, gennaio-febbraio.
- Gravagnuolo B., 1991, *La progettazione urbana in Europa, 1750-1960: storia e teorie*, Laterza, Taranto.
- Gregotti V., 1987, "L'architettura della strada", in *Casabella*, n. 537, luglio-agosto; Id., 1989, "La strada: tracciato e manufatto", in *Casabella*, n. 553- 554, gennaio-febbraio;
- Hénard E., Raccolta di testi vari. 1903-1911, in D. Calabi e M. Folin (a cura di), *Alle origini dell'urbanistica. La costruzione della metropoli*, Marsilio, Padova 1972.
- Hertzberger H., 1996, *Lezioni di architettura*, Laterza, Bari.
- Jacobs J., *Vita e morte delle grandi città. Saggio sulle metropoli americane*, Edizioni Comunità, Torino, 2000 (ed. or. 1961, I ed. it., 1969).
- Le Corbusier, 1987, *The City of To-Morrow and Its Planning*, Dover Publications.
- Le Corbusier, *Maniera di pensare l'urbanistica*, Laterza, Roma-Bari, 1997 (ed. or., 1946 - I ed. it. 1965).
- Le Corbusier, *Verso un'architettura*, a cura di [Ceri P.](#) e Nicolin P., Milano, Longanesi, 1984. (1° ed. originale 1923, *Vers une architecture*)
- Legge n. 122/1989, *Il Programma Urbano dei Parcheggi (PUP)*
- Legge n. 765/1967, *Modifiche ed integrazioni alla legge urbanistica 17 agosto 1942, n. 1150*
- Lozzi G., et al, 2020, *COVID-19 and urban mobility: impacts and perspectives*, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.
- Maffioletti S., 2002, "La strada ci usa", in S. Maffioletti, S. Rocchetto (a cura di), *Infrastrutture e paesaggi contemporanei*, Il Poligrafo, Padova.
- Maneglier M., 1990, *Paris Impérial - La vie quotidienne sous le Second Empire*, Paris, Armand Colin.
- Meyer, H., Jan Hoekstra , M., & Westrik , J., 2020, *Urbanism. Fundamentals and Prospects*, Delft: Boomuitgevers Amsterdam.
- Ministero dei Trasporti e della Navigazione, 2001, *Piano Generale Dei Trasporti e della Logistica*
- Ministero dei trasporti, 2007, *Linee Guida del Piano Generale della Mobilità (PGM)*
- Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, decreto n. 397 del 04/08/2017, *Linee guida PUMS*
- Moroni S., 1999, *Urbanistica e regolazione. La dimensione normativa della pianificazione territoriale*, Franco Angeli, Milano.

- Muller P.O., 1995, "Transportation and Urban Form: Stages in the Spatial Evolution of the American Metropolis", in S. Hanson (ed.) *The Geography of Urban Transportation*, 2nd Edition, New York: Guilford, p. 29.
- Mumford L., 1963, *The Highway and the City*, Harcourt Brace and World, New York
- Newmann P.W.G., Kenworthy J.R., 1996, "The Land Use-Transport Connection", in *Land Use Policy*, vol.13, n.1 pp. 1-22.
- Rodrigue J.P., 2017, *The Geography of Transport Systems*; <https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-environment/>
- Rupprecht Consult, 2019, *Guidelines for Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan*, Second Edition.
- Rykwert J., 1981, *L'idea di città: antropologia della forma urbana nel mondo antico*, a cura di Giuseppe Scattone, Einaudi, Torino.
- Rykwert J., 1982, "La strada: utilità della sua storia", in S. Anderson, *Strade*, Bari.
- Secchi B., 1989, "Lo spessore della strada", in *Casabella*, n. 553-554, gennaio-febbraio.
- Sica P., 1977, *Storia dell'urbanistica: L'ottocento*, vol.1, La Terza, Bari.
- Sica P., *Storia dell'Urbanistica. Il Novecento*, Laterza, Bari, 1996 (I ed. 1978)
- Sitte C., 1889, *L'arte di costruire la città. L'urbanistica secondo i suoi fondamenti artistici*, a cura di Daniel Wieczorek, Jaca book, Milano (1981)
- Southworth M., Ben Joseph E., 1997, *Streets and the shaping of towns and cities*, McGraw Hill, London.
- Stubben J., "L'urbanistica, manuale di architettura; IV parte: Progettazione, localizzazione e regolamento degli edifici", vol. IX, Darmstadt, 1890, in D. Calabi, G. Piccinato, *La costruzione dell'urbanistica. Germania 1871-1914*, Officina, Roma, 1974.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2014, *A World of Cities*; [https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts\\_2014-2.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2014-2.pdf)
- Unwin R., 1971, *La pratica della progettazione urbana*, (I° ed. 1909, Town planning in practice), Il Saggiatore, Milano
- Venturi R., Scott D., Izenour S., 1972, *Learning from Las Vegas*, MIT Press, Cambridge, London.
- World Health Organization, 2015, 68. *Health and the environment: addressing the health impact of air pollution*.
- Wright F. L., 1935, *Broadacre City: A New Community Plan*, Architectural Record, 4, 77.
- Zambrini G., 1989, "Dopo l'automobile", in *Casabella*, n. 553-554, gennaio-febbraio.
- Zanni F., 1986, "La strada come regola urbana: Ildefonso Cerdá", in *Urbanistica*, 83.

## Capitolo 2

- Adaptive – Automated Driving Applications and Technologies for Intelligent Vehicles, *System Classification and Glossary*, Deliverable D2.1, February 2015
- Alessandrini A., 2015, "Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities", in *Transp. Res. Procedia*, 5, 145–160

- Allam Z., Dhunny Z. A., 2019, “On big data, artificial intelligence and smart cities”, in *Cities*, 89, 80–91;
- Anderson J.M. et al., 2014, *Autonomous vehicle technology: a guide for policymakers*. Rand Corporation;
- Bard H., 2017, *Deutschland hält Führungsrolle bei Patenten für autonome Autos*, Cologne Institute for Economic Research; disponibile su: [https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/356331/IW-Kurzbericht\\_55\\_2017\\_Patente\\_autonomeAutos.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/356331/IW-Kurzbericht_55_2017_Patente_autonomeAutos.pdf)
- Batty M., 2018, “Artificial intelligence and smart cities”, in *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 15, 3–6.
- Bazilinskyy P., et al., 2019, “When will most cars be able to drive fully automatically? Projections of 18,970 survey respondents”, in *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 184–195;
- Beeton D., Holland B., 2014, *EV City Casebook. 50 Big Ideas Shaping the Future of Electric Mobility*.
- Begg D., 2014, *A 2050 vision for London. What are the implications of driverless transport*, The Javelin Partnership Ltd.
- Bösch P.M. et al., 2018, “Cost-based analysis of autonomous mobility services”, in *Transp. Policy*, 64, 76–91.
- Botello B., et al., 2019, “Planning for walking and cycling in an autonomous vehicle future”, in *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 1, 100012.
- British Standards Institute (BSI), 2014, *PAS 180 Smart City Framework Standard*. <http://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/PAS-180-smart-cities-terminology/>
- Broggi A. et al., 1999, *Automatic Vehicle Guidance: the Experience of the ARGO Vehicle*, World Scientific Publishing Co., Singapore.
- Caprotti F., 2019, “Spaces of visibility in the smart city: flagship urban spaces and the smart urban imaginary”, in *Urban Studies*, 56, 2465–2479.
- Caragliu A., Del Bo C., Nijkamp P., 2011, “Smart cities in Europe”, in *Journal of Urban Technology*, 18, 65–82.
- Carreras A. et al., 2018, “Road infrastructure support levels for automated driving”, in *Proceedings of the 25th ITS World Congress*, Copenhagen, Denmark;
- Chittilla H., Sun D., 2017, *Self-driving Cars*, Department of Computer Science, University of North Carolina.
- Christie D., et al., 2016, “Pioneering driverless electric vehicles in Europe”, in *Transportation Research Procedia*, 13, 30–39.
- COM (2001), 264, *Sviluppo sostenibile in Europa per un mondo migliore: strategia dell'UE per lo sviluppo sostenibile*, Bruxelles, Belgio
- COM (2001), 370, *LIBRO BIANCO: La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte*, Bruxelles, Belgio
- COM (2007), 551, *LIBRO VERDE Verso una nuova cultura della mobilità urbana*, Bruxelles, Belgio
- COM (2010), 2020, *Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, Bruxelles, Belgio

- COM (2011), 144, *LIBRO BIANCO Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile*, Bruxelles, Belgio
- COM (2015), 80, *Una strategia quadro per un'Unione dell'energia resiliente, corredata da una politica lungimirante in materia di cambiamenti climatici*, Bruxelles, Belgio
- COM (2016a), 588, *Il 5G per l'Europa: un piano d'azione*, Bruxelles, Belgio
- COM (2016b), 766, *Una strategia europea per i sistemi di trasporto intelligenti cooperativi, prima tappa verso una mobilità cooperativa, connessa e automatizzata (CCAM) nell'Unione Europea*, Bruxelles, Belgio
- COM (2018a), 293, *Una mobilità sostenibile per l'Europa: sicura, interconnessa e pulita*, Bruxelles, Belgio
- COM (2018b), 283, *Verso la mobilità automatizzata: una strategia dell'UE per la mobilità del futuro*, Bruxelles, Belgio
- COM (2019), 640, *Green Deal europeo*, Bruxelles, Belgio
- COM (2020), 789, *Strategia per una mobilità sostenibile e intelligente: mettere i trasporti europei sulla buona strada per il futuro*, Bruxelles, Belgio
- COM (2021) 118, *2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*
- COM (2021) 344, *Proposta di DECISIONE DI ESECUZIONE DEL CONSIGLIO relativa all'approvazione della valutazione del piano per la ripresa e la resilienza dell'Italia*; approvato il 22 giugno 2021
- Duarte F., Ratti C., 2018, "The impact of autonomous vehicles on cities: A review", in *Journal of Urban Technology*, 25, 3–18.
- Dupuis N., Cooper Martin C., Rainwater B., 2015, *City of the Future: Technology & Mobility*, National League of Cities, Washington
- ETRAC, 2019, *Connected automated driving roadmap*
- Fagnant D.J., Kockelman K., 2015, "Preparing a nation for autonomous vehicles", in *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167–181.
- Faisal A. et al., 2019, "Understanding autonomous vehicles: A systematic literature review on capability, impact, planning and policy", in *Journal of Transport and Land Use*, 12, 45–72
- Fraedrich E. et al., 2018, "Autonomous driving. the built environment and policy implications", in *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 122. p. 162–172.
- Freudental-Pedersen et al., 2019, "What is Smart for the Future City? Mobilities and Automation", in *Sustainability*, 11, 221.
- Friedrich, B., 2016, "The effect of Autonomous Vehicles on Traffic", in: Maurer, M. Gerdes, J. Lenz, B. Winner, H. *Autonomous Driving*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer. p. 213–231 (pp. 317–334).
- Fulton L., Mason J., Meroux D., 2017, *Three revolutions in urban transportation: How to achieve the full potential of vehicle electrification, automation and shared mobility in urban transportation systems around the world by 2050*. UC Davis Institute of Transportation Studies. Report to the Institute for Transportation and Development policy. Davis, California, USA: University of California.
- G7 Transport Ministers, 2015, *Declaration on Automated and Connected Driving*, G7 - (September 17, 2015)

- G7 Transport Ministers, 2016, *Development and Widespread Utilization of Advanced Technology for Vehicles and Roads* <http://www.mlit.go.jp/common/001146631.pdf>
- Geddes N. B., 1940, *Magic Motorways*, New York: Random House <https://archive.org/details/magicmotorways00geddrich>
- González-González E., et al., 2019, “Automated vehicles and the city of tomorrow: A backcasting approach”, in *Cities*. Vol. 94. p. 153–160.
- Greenfield A., 2017, *Tecnologie radicali. Il progetto della vita quotidiana*, Einaudi
- Guerra E., 2016, “Planning for Cars That Drive Themselves: Metropolitan Planning Organizations, Regional Transportation Plans, and Autonomous Vehicles”, in *Journal of Planning Education and Research*. Vol. 36:2. p. 210–224
- Guerra E., Morris E.A., 2018, “Cities, Automation, and the Self-parking Elephant in the Room”, in *Plan. Theory Pract.*, 19, 291–297
- Hand A.Z., 2017, “Redefining urban mobility: Four Ways Shared Autonomous Vehicles Will Reshape Our Cities”, in *Global Real Estate*, 3, 49–52.
- Heinrichs D. 2016, “Autonomous driving and urban land use”, in: Maurer, M. Gerdes, J. Lenz, B. Winner, H. *Autonomous Driving*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer. p. 213–231
- Heinrichs D., Cyganski R., 2015, “Automated driving: how it could enter our cities and how this might affect our mobility decisions”, in *disP-The Plan. Rev.* 51 (2), 74–79
- Hollands R., 2008, *Will the real smart city please stand up?*, in “City” n. 12, Taylor&Francis;
- Hörl S., Ciari F., Axhausen K.W., 2016, *Recent Perspectives on the Impact of Autonomous Vehicles*, Working paper ETH, Zurich; <http://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/PAS-180-smart-cities-terminology/>
- International Transport Forum, 2015, *Automated and Autonomous Driving*. OECD: Paris, France. <https://www.itf-oecd.org/automated-and-autonomous-driving>
- ITF International Transport Forum, 2018, *Safer Roads with Automated Vehicles?*, OECD: Paris, France.
- Jencek B., & Unterreiner, J., 2018, *People-Driven Design: Planning for the Urban Future of Autonomous Vehicles*, Urban Land Magazine <https://urbanland.uli.org/planning-design/people-driven-design-planning-urban-future-autonomous-vehicles>
- Johnson D.C., 2017, *Readiness of the road network for connected and autonomous vehicles*, Royal Automobile Club Foundation for Motoring Ltd.
- Kim K.H., 2015, *An Analysis of Expected Effects of the Autonomous Vehicles on Transport and Land Use in Korea*, New York University, New York, NY, USA
- Kim J., Moon Y. J., & Suh I. S., 2015, “Smart mobility strategy in Korea on sustainability, safety and efficiency toward 2025”, in *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 7, 58–67.
- KPMG, 2017, *Islands of autonomy. How autonomous vehicles will emerge in cities around the world*, KPMG International;

- KPMG, 2018, *Autonomous Vehicles Readiness Index: assessing Countries' Openness and Preparedness for Autonomous Vehicles*, KPMG International.
- Legacy C., Ashmore D., Scheurer J., Stone J., Curtis C., 2019, "Planning the driverless city", in *Transport Reviews*, 39, 84–102.
- Legacy C., et al., 2018, "Planning the driverless city", in *Transport Reviews*. Vol. 39:1. p. 84–102.
- Litman T., 2017, *Autonomous Vehicle Implementation Predictions, Implications for Transport Planning*, Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T., 2012, *Transportation Land Valuation*, Victoria Transport Policy Institute, Victoria, BC,
- Lytrivis P. et al., 2018, "Advances in road infrastructure, both physical and digital, for mixed vehicle traffic flows", in *Proceedings of the 7th Transport Research Arena*, Vienna, Austria;
- Metz D., 2018, "Developing policy for urban autonomous vehicles: Impact on congestion", in *Urban Science*, 2(2), 33
- Meyer J., 2017, "Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities?", in *Res. Transp. Econ.*, 62, 80–91.
- Milakis D., Kroesen, M., van Wee, B., 2018, "Implications of automated vehicles for accessibility and location choices: Evidence from an expert-based experiment", in *J. Transp. Geogr.* 68, 142–148
- Milakis, D., Snelder, M., van Arem, B., van Wee, G. P., & Homem de Almeida Correia, G., 2017, "Development and transport implications of automated vehicles in the Netherlands: Scenarios for 2030 and 2050", in *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, (1), 63–85.
- Milakis, D., van Arem, B., & van Wee, B., 2017, "Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research", in *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21(4), 324–348
- Millard-Ball A., 2018, "Pedestrians, autonomous vehicles, and cities", in *Journal of Planning Education and Research*, 38(1), 6–12.
- Ministri dei trasporti UE, 2016, *Declaration of Amsterdam on cooperation in the field of connected and automated driving*
- MIT, allegato DEF 2016, *Connettere l'Italia. Strategie per le infrastrutture di trasporto e logistica*
- MIT, allegato DEF 2017, *Connettere l'Italia: fabbisogni e progetti di infrastrutture*
- MIT, allegato DEF 2019, *Strategie per una nuova politica della mobilità in Italia*
- MIT, allegato DEF 2020, *#italiaveloce. L'Italia resiliente progetta il futuro:nuove strategie per trasporti, logistica e infrastrutture*
- MIT, Decreto ministeriale 28 febbraio 2018, n. 70 (c.d. Decreto Smart Road)
- Mitchell W. J., 1995, *City of Bits: Space, Places, and the Infobahn*, MitPress
- Mitchell W. J., 1999, *E-topia: Urban Life, Jim—But Not As We Know It*, MitPress
- NHTSA, U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development – Provides guidance to states permitting testing of emerging vehicle technology, Press Release, Maggio 2013

- Nikitas A. et al, 2017, “How can autonomous and connected vehicles, electromobility, BRT, hyperloop, shared use mobility and mobility-as-a-service shape transport futures for the context of smart cities?”, in *Urban Science*, 1, 36.
- Nourinejad M., Bahram S., Roorda M.J., 2018, “Designing parking facilities for autonomous vehicles”, in *Transp. Res. Part B Methodol.*, 109, 110–127.
- Ohnsman A., 2018, *Waymo is millions of miles ahead in robot car tests; does it need a billion more?* Forbes; <https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/2018/03/02/waymo-is-millions-of-miles-ahead-in-robot-car-tests-does-it-need-a-billion-more/?sh=3a90e0201ef4>
- OMS, 2018, *Global Status Report on Road Safety 2018*.
- Papa E., Ferreira A., 2018, “Sustainable Accessibility and the Implementation of Automated Vehicles: Identifying Critical Decisions”, in *Urban Science*. Vol. 2:1. p. 1–14
- Parkin J., Clark, B., Clayton, W., Ricci, M., & Parkhurst, G., 2017, “Autonomous vehicle interactions in the urban street environment: A research agenda”, in *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer* , 171 (1), 15–25
- Picon A., 2018, “Urban infrastructure, imagination and politics: from the networked metropolis to the smart city”, in *International Journal of Urban and Regional Research*, 42, 263–275.
- Ratti C., 2011, “Architecture that senses and responds”, in TED Talk
- RPA, 2017, *New Mobility: Autonomous Vehicles and the Region. A Report of the Fourth Regional Plan*, Regional Plan Association.
- Rupprecht Consult, 2019, *Guidelines for Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan*, Second Edition.
- SAE International, *Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems*, Information Report, Giugno 2018
- Scott M., 2018, “Autonomous vehicles: How will they impact on cities? What role should planners play?”, in *Plan. News*, 44, 8.
- Soteropoulos, A., Berger, M., Ciari, F., 2019, “Impacts of automated vehicles on travel behaviour and land use: an international review of modelling studies”, in *Transp. Rev.* 39, 29–49
- Stead, D. and Vaddadi, B. 2019. “Automated vehicles and how they may affect urban form: A review of recent scenario studies”, in *Cities*. Vol. 92. p. 125–133
- Stenquist P., 1918, “The Motor Car of the Future”, in *Oakland Tribune*. [https://www.scribd.com/document/20618885/1918-March-10-Oakland-Tribune-Oakland-CA?ad\\_group=&campaign=Skimbit%2C+Ltd.&content=10079&irgwc=1&keyword=ft500noi&medium=affiliate&source=impactradius](https://www.scribd.com/document/20618885/1918-March-10-Oakland-Tribune-Oakland-CA?ad_group=&campaign=Skimbit%2C+Ltd.&content=10079&irgwc=1&keyword=ft500noi&medium=affiliate&source=impactradius)
- The Self-Driving Car Timeline; <https://emerj.com/ai-adoption-timelines/self-driving-car-timeline-themselves-top-11-automakers>
- Underwood S., 2014, *Automated, connected, and electric vehicle systems: Expert forecast and roadmap for sustainable transportation*, Institute for Advanced Vehicle Systems University of Michigan;
- United Nations, 2018, *World Urbanization Prospects*.

- Winkle T., 2016, “Safety benefits of automated vehicles”, in M. Winner (Ed.), *Autonomous driving* (pp.335–364). Berlino: Springer.
- Zakharenko R., 2016, “Self-driving cars will change cities”, in *Regional Science and Urban Economics*, 61, 26–37.
- Zhang W., Guhathakurta S., 2017, “Parking Spaces in the Age of Shared Autonomous Vehicles: How Much Parking Will We Need and Where?”, in *Transportation Research Record*. 2017;2651(1):80-91
- Zhang W., Guhathakurta S., 2018, “Residential Location Choice in the Era of Shared Autonomous Vehicles”, in *Journal of Planning Education and Research*. p. 1–14
- Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, J., & Zhang, G., 2015, “Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach”, in *Sustainable Cities and Society*, 19, 34–45.

### Capitolo 3

- 2getthere, 2019, *The start of the autonomous age at Schiphol Airport 1997*; <https://www.2getthere.eu/projects/schiphol-grt/>
- Aalborg Municipality (2012): “Northern Denmark’s Growth Dynamo (Norddanmarks vækstdynamo)”  
<http://www.e-pages.dk/aalborgkommune/401/html5/>
- Aalborg Municipality (2013): “Spatial Vision 2025 (Fysisk Vision 2025)”  
<http://www.e-pages.dk/aalborgkommune/690/html5/>
- Aalborg Municipality (2017a): “Aalborg East (Det østlige Aalborg)”  
<https://www.aalborg.dk/om-kommunen/byplanlaegning/byudvikling/det-oestlige-aalborg>
- Aalborg Municipality (2017b): “Main Structure 2013 – A Spatial Vision 2025 for Aalborg (Hovedstruktur 2013 - en Fysisk Vision 2025 for Aalborg Kommune)”  
<https://www.aalborg.dk/om-kommunen/byplanlaegning/bystrategi/fysisk-vision-2025>
- Alessandrini A., 2016, *Final Report Summary - CITYMOBIL2*, <https://cordis.europa.eu/project/id/314190/reporting>
- Alessandrini A., 2018, *Implementing Automated Road Transport Systems in Urban Settings*, Elsevier.
- ANAS Spa, 2018, *Smart Road. La strada all'avanguardia che corre con il progresso*, a cura della Direzione Operation e Coordinamento Territoriale Infrastruttura Tecnologica e Impianti.
- Anthopoulos L., 2019, “The Smart City of Trikala”, in *Smart City Emergence*, pp 149-171
- Beckers D., 2019, *Automated Road Transport*, Innovation and Networks Executive Agency - INEA
- Bloomberg.org Group, 2020, *Initiative on cities and autonomous vehicles* <https://avsincities.bloomberg.org/global-atlas/>

- Boersma A. M., Mica D., van Arem B., Rieck F., 2018, “Driverless electric vehicles at Businesspark Rivium near Rotterdam (the Netherlands): from operation on dedicated track since 2005 to public roads”, in *EVS 31 & EVTeC 2018*, Kobe, Japan.
- Carrarini L., 2019, *Innovative Transport Solutions to optimize access and mobility*, Strategic Direction Session STB, Italy-National Report, XXVIth World Road Congress, Abu Dhabi 2019.
- CCAM Partnership, 2020, *Strategic Research and Innovation Agenda*.
- Cisco C. C., 2016, *Optimizing 5G for V2X – Requirements, Implications and Challenges*, p. 5;
- CityMobil2 Project <https://cordis.europa.eu/project/id/314190/it>
- CityMobil2, 2016, *Experience and Recommendations*, report
- Delle Site P., Filippi F., Giustiniani G., 2011, “Users’ preferences towards innovative and conventional public transport”, in *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 20, 906-915.
- Ericsson S. S., 2016, *Automotive and ITS. On the road to 5G*, p. 5;
- Graindorge M., 2016, La Rochelle’s ARTS demonstration, CityMobil2 Final Conference, San Sebastian
- Hagenzieker M., 2020, “Automated Buses in Europe: An Inventory of Pilots”, in *Autobus project*, TU Delft.
- Huawei, 2016, *Communications networks for connected cars*, p. 4-5;
- Intelligent Community Forum (ICF), 2017, *The Smart 21 Communities of the Year*; <http://www.intelligentcommunity.org/smart21>
- Intervista a Luigi Carrarini, ANAS Spa, febbraio 2020
- Kickstart Forstaden (2014): “Aalborg East – Strengthening the local Centre and Upgrading the Tunnel Connection (Fortætning af Bydelscenter og Opgradering af Tunnelforbindelse)”  
<https://docplayer.dk/2217475-Aalborg-oest-fortaetning-af-bydelscenter-og-opgradering-af-tunnelforbindelse.html>
- Lanng, D. B., Harder, H., Jensen, O. B. (2012): “Towards urban mobility designs: en route in the functional city”, in *Traffic Days , Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University*  
[http://www.trafikdage.dk/papers\\_2012/56\\_DitteBendixLanng.pdf](http://www.trafikdage.dk/papers_2012/56_DitteBendixLanng.pdf)
- National Geographic News, 2016, “Watch a Driverless Bus Putter Through the Streets”  
<https://www.nationalgeographic.com/history/article/160325-self-driving-bus-automation-video>
- Parent M., 2019, *Cybercars*; <http://www.cybercars.fr/>
- SPACE UITP, 2020, *The road to better mobility*; <https://space.uitp.org/initiatives>
- TV2 News (2017): “Driverless Bus comes to Denmark (Forerløse Busser kommer til Danmark)” (video) – link:  
<https://nyheder.tv2.dk/video/YWJyY19Gb3Jlcmxvc2VCdXNzZXJfU29tZV92Mg>

*Sitografia*

<https://trimis.ec.europa.eu/projects>

<https://h2020-avenue.eu/>  
<https://cordis.europa.eu/project/id/875530>  
<https://fabulos.eu/>  
<https://www.sohjoabaltic.eu/>  
<https://trikalacity.gr/en/smart-trikala/>  
<https://www.intelligentcitieschallenge.eu/cities/trikala>  
<https://www.e-trikala.gr/our-eu-projects/>  
<https://ruralsharedmobility.eu/demonstrators/trikala/>  
<https://www.intelligenttransport.com/transport-news/96887/autonomous-bus-service-inaugurated-in-danish-suburb/>  
<https://www.letsholo.com/aalborg-east>  
<https://smartbus.dk/om-smartbus-projektet/>  
<https://ponmetro.comune.catania.it/la-strategia/#1521373710258-aa80da91-b087>

#### ***Capitolo 4***

Piano integrato delle Infrastrutture e della Mobilità (PIIM) della Regione Sicilia, 2017.  
Piano generale del traffico urbano – PGTU – Comune di Catania 2012  
Piano Urbano Parcheggi, Comune di Catania 2004  
Programma PON METRO 2014-2020: Piano Operativo Autorità Urbana di Catania, v. 1.6 del 30/01/2020  
Programma di Sviluppo della Rete Metropolitana della Ferrovia Circumetnea – FCE Programmazione RFI, il “Nodo Catania”;  
Direttive generali per la redazione del nuovo “Piano Regolatore Generale” “Catania Città sostenibile”, 2019  
DPSS – Piano Regolatore di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Orientale, 2020