

**Prefigurazioni nei trasporti.
Forme e strumenti della mobilità dell'anno 20*0**

Alberto Fabio, Francesco Bruzzone,
Federico Cavallaro, Silvio Nocera

La possibilità di circolare in modo efficiente – dunque, con prestazioni di alto livello e avendo disponibilità di più alternative – viene generalmente data per scontata dalle popolazioni occidentali, ormai abituate all’immersione nel sistema di trasporto, prevalentemente stradale, di merci e passeggeri. Meno scontate e comprese, invece, sono le conseguenze sulla qualità della vita generate dal numero consistente di veicoli-chilometro pro-capite che la mobilità occidentale sviluppa: i trasporti producono infatti consistenti esternalità negative, le quali sono particolarmente accentuate nelle città, dove congestione del traffico, inquinamento ambientale, rumore, e incidenti vengono subito quotidianamente dall’insieme variegato e complesso dei *city users*.

La mobilità urbana contemporanea si trova ad essere al tempo stesso un problema, in quanto settore necessariamente da riformare al fine di rispondere alle sfide globali e locali di sostenibilità e di sviluppo integrato delle aree urbane, ma anche una soluzione, come strumento attraverso cui indirizzare l’innovazione per il raggiungimento di quegli obiettivi di sviluppo che la società contemporanea insegue.

Le dinamiche di crescente urbanizzazione, di dispersione insediativa e di costante incremento della domanda di trasporto, sia per quanto riguarda i viaggiatori, che per quanto riguarda le merci, con consegne sempre più piccole, rapide e frammentate nel tempo e nello spazio, esasperano gli impatti negativi del sistema di mobilità sull’ambiente e sulla società urbana, accentuando il conflitto e la competizione tra i vari modi di trasporto e contribuendo allo scivolamento delle nostre città sempre più lontano dagli standard di qualità della vita e sostenibilità riconosciuti e perseguiti a livello internazionale.

I decisori politici e gli operatori di trasporto sono consapevoli della necessità di affrontare queste sfide, ma non sempre si rendono conto dell’opportunità di trasformare il sistema di mobilità in volano per lo sviluppo sostenibile e l’incremento della qualità della vita, piuttosto che considerarlo fattore frenante e di disturbo. Le soluzioni allo studio, talvolta già testate, o in attesa di applicazione su larga scala, sono molteplici e devono garantire il raggiungimento dell’efficienza delle prestazioni, oltre che il contenimento degli impatti. Esse dunque

abbracciano, oltre che il settore dei trasporti in senso stretto, anche altre discipline tecniche e sociali, come l'urbanistica, l'architettura, e soprattutto il mondo delle nuove tecnologie.

Nonostante tutte le incertezze legate alla futura idea di mobilità, chi si occupa dello spazio urbano e del suo futuro sviluppo è certamente chiamato ad una riflessione sul tema, in quanto i sistemi di mobilità sono uno degli elementi che ha influito sulla forma urbana, nonché su quali zone della città potranno risultare più attrattive e quali meno alla luce della loro capacità di adattamento ai nuovi sistemi di trasporto.

Il presente contributo si pone come obiettivo quello di dare al lettore una visione generale e critica, anche se non esaustiva, di quelli che sono al momento i più innovativi sistemi legati alla mobilità, quelle che sono le tendenze nella loro diffusione e quali sono le tecnologie che al momento risultano più promettenti ed attrattive per lo sviluppo del settore, cercando di rispondere in modo ponderato a chi si interrogasse sull'assetto del sistema della mobilità nel futuro prossimo, tenendo sempre ben presente che le variabili in gioco sono molteplici e che il futuro potrebbe riservarci scenari ora impensabili.

I nuovi carburanti e la transizione verso l'elettrico

Uno degli effetti negativi di un'elevata motorizzazione privata, su cui si basa attualmente il nostro sistema di mobilità, sono le emissioni inquinanti e climalteranti derivanti dall'utilizzo di motori a combustione e dal fatto che l'alimentazione degli autoveicoli è stata affidata fin dalle loro origini ai combustibili fossili. Riguardo alle emissioni di gas serra in particolare il settore dei trasporti, a livello europeo, è responsabile per il 26%¹, e di questa quota il trasporto stradale incideva nel 2019 per il 71,7% con un aumento rispetto al livello del 1990 del 27,8%².

La spinta delle politiche adottate nel tempo in termini di lotta al cambiamento climatico, e di riduzione delle emissioni inquinanti, di cui l'ultima è lo stop alla vendita delle auto con motori endotermici in Europa a partire dal 2035³, ha portato all'implementazione di nuove tecnologie nella mobilità sia pubblica che privata, riguardanti l'alimentazione dei veicoli. Ci si chiede se l'attuale situazione geopolitica incerta, con l'incremento dei prezzi dei combustibili fossili, contribuirà a dare una spinta verso un definitivo cambiamento di paradigma, producendo veicoli a trazione alternativa o, incentivando altre forme

di mobilità più sostenibili, o se piuttosto la prospettiva di una crisi economica per i paesi europei, con la possibilità di perdita di una grande quantità di posti di lavoro, porterà i governi a fare scelte volte al mantenimento dello *status quo*, cercando una procrastinazione in tempi migliori di una rivoluzione quanto mai necessaria per il miglioramento della qualità della vita dei cittadini, nonché per il loro futuro. L'abbandono dei motori endotermici porterà tra l'altro alla dismissione di una tecnologia relativamente recente come quella ibrida, ovvero doppia alimentazione, combustibili fossili ed energia elettrica, la quale ha assunto dunque il ruolo di tecnologia di transizione verso il *full electric*, che si sta progressivamente diffondendo, anche se frenata dal costo di acquisto non ancora accessibile alla gran parte degli utenti, dai limiti di autonomia dei veicoli determinata dalla capacità delle batterie, nonché dal tempo di ricarica del veicolo.

L'alimentazione elettrica non viene utilizzata solo dalle automobili ma anche da tutto un sistema di micromobilità urbana che comprende monopattini e bici con pedalata assistita, diffusasi in Italia solamente negli ultimi anni anche in virtù di politiche legate alla loro incentivazione. Un'alternativa al momento disponibile è quella basata sull'idrogeno, che di fatto utilizza questo combustibile per alimentare un motore elettrico, godendo dunque di maggiore autonomia e di tempi di rifornimento più contenuti rispetto all'alternativa a batterie. Anche a causa della mancanza di un'infrastruttura di distribuzione di questo nuovo carburante sul territorio, per ora la diffusione di questi veicoli, la cui unica emissione diretta è vapore acqueo, è fortemente limitata. Questa tecnologia, peraltro, si presta maggiormente all'applicazione sui veicoli pesanti, i quali hanno già sufficiente spazio per il serbatoio dell'idrogeno a bordo⁴. A livello europeo i paesi che più di tutti hanno investito su questa tecnologia, creando una rete di distribuzione dell'idrogeno, sono Germania e Danimarca, con un buono sviluppo della rete anche nei paesi scandinavi, mentre Francia, Spagna e Italia hanno un numero di stazioni ancora limitato. In particolare, l'Italia, nella quale la diffusione dei veicoli ad idrogeno riguarda prevalentemente il trasporto pubblico, nel 2020 contava 3 stazioni di rifornimento sul territorio nazionale⁵, mentre attualmente il numero è salito a 6⁶.

Sia i veicoli elettrici (EVs) che i veicoli ad idrogeno (FCEVs) hanno il pregio di azzerare le emissioni di inquinanti locali e di ridurre notevolmente le emissioni rumorose negli ambiti in cui le velocità di per-



Autobus con alimentazione ad idrogeno. Foto di Aaron Malfertheiner

correnza sono basse, come gli ambiti urbani e suburbani, contribuendo all'incremento della qualità dell'ambiente urbano e della vita delle persone. Tuttavia, permane il tema delle emissioni di gas climalteranti, le quali dipendono questa volta non dalla motorizzazione e dalla sua efficienza ma dalla fonte (fossile o rinnovabile) utilizzata per produrre l'energia utile ad alimentare i veicoli elettrici e a garantire la produzione dell'idrogeno. A ciò si aggiunge, inoltre, il tema dello smaltimento delle batterie, affatto scontato: in assenza di sviluppi sia tecnologici che di tipo normativo e operativo, vi è il rischio del configurarsi di un nuovo utilizzo massiccio di risorse finite (ovvero dei minerali necessari per la produzione delle batterie, in primis il litio), spostando il problema su un piano differente rispetto al consumo dei combustibili fossili ma altrettanto problematico. Al momento, però, sia per quanto riguarda la mobilità privata che quella di massa, queste sembrano essere le uniche tecnologie capaci di contribuire fattivamente al traguardo delle emissioni nulle di gas serra⁷.

Lo sharing come nuovo modo di concepire la mobilità privata

Per quanto riguarda la gestione dei mezzi di trasporto si segnala la sempre maggiore diffusione dei servizi di *sharing*, soprattutto tra la popolazione più giovane⁸, che sta portando alla transizione da un sistema in cui l'utilizzo del mezzo è vincolato alla proprietà ad uno in cui l'utente ne dispone solo per il tempo e il tragitto effettivamente necessari: una transizione solo temporaneamente rallentata dalle conseguenze comportamentali degli utenti del sistema della mobilità dovute agli adattamenti alla pandemia da Covid-19. Attualmente, un veicolo privato rimane parcheggiato in media tra le 20 e le 23 ore al giorno⁹, fenomeno che identifica una gestione evidentemente inefficace dello spazio pubblico e degli *asset* pubblici e privati. L'evoluzione tecnologica digitale ha avuto un ruolo chiave nel far evolvere il mondo dello *sharing*. I sistemi di geolocalizzazione, di gestione delle prenotazioni e dei pagamenti controllabili mediante applicazioni disponibili su *smartphone*, nonché i sistemi di monitoraggio presenti sui veicoli, che danno indicazione al gestore sulla necessità di rifornimento/ricarica o di manutenzione del veicolo¹⁰, hanno permesso di passare da un sistema in cui i veicoli dovevano necessariamente essere vincolati a delle stazioni, in cui questi dovevano essere prelevati e depositati a inizio e fine spostamento, al concetto di *freeflow*, nel quale la stazione viene

meno e l'utente può prelevare il veicolo più vicino a sé e lasciarlo nel luogo per lui più comodo all'interno della *service area*. La diffusione dei veicoli condivisi rappresenta potenzialmente una rivoluzione: la possibilità di introdurre su larga scala tecnologie meno impattanti ma costose (tra cui auto, scooter e bici elettriche) mettendole alla portata delle persone appartenenti a quasi tutte le fasce di reddito consente di accelerare notevolmente la transizione verso veicoli più puliti. La riduzione del numero complessivo di veicoli circolanti favorisce inoltre una conseguente minore necessità di spazi destinati alla sosta e permette di riorganizzare il tessuto urbano nel nome della vivibilità e della riappropriazione degli spazi pubblici da parte di funzioni legate alla fruibilità urbana.

Il trasporto pubblico flessibile e personalizzato

In parziale collegamento con il mondo dello *sharing*, esistono sistemi di trasporto pubblico che vale la pena citare, non tanto per l'impatto che questi potrebbero avere sulla mobilità del futuro, bensì per alcuni singoli aspetti. Essi potrebbero costituire la base di partenza per il successo di altri sistemi di trasporto non ancora sviluppati.

Il *Flexible Transport System* (FTS) è un concetto derivante da quello dell'autobus a chiamata, presente nel Regno Unito fin dagli anni Settanta per il servizio nei territori a bassa densità abitativa, la cui appetibilità è stata incrementata negli anni dall'evoluzione delle tecnologie che permettono di gestire le richieste di trasporto, quali le tecnologie di prenotazione e pagamento *on-line*, e di monitorare la flotta di veicoli, attraverso la tecnologia GPS e gli *Intelligent Transportation System* (ITS). Ciò ha consentito di ridurre notevolmente i tempi di gestione delle domande di trasporto nel tempo, passando da più di 48 ore nei primi sistemi degli anni Settanta a meno di un'ora degli attuali sistemi¹¹. Rispetto al trasporto pubblico tradizionale il FTS ha orari e tracciato variabili in funzione della domanda. Il costo operativo di questo servizio rimane comunque alto e con necessità di sovvenzioni pubbliche in quanto il servizio è dedicato a poche persone. Questo problema viene in parte ridimensionato dal *Personal Rapid Transit* (PRT) che invece si avvale di veicoli elettrici a guida autonoma e vincolati ad un'infrastruttura, con un risparmio sul costo del personale di bordo, dedicati al trasporto di un limitato numero di persone, le cui peculiarità sono: non avere vincoli legati ad orari predeterminati, in modo da



Spazio di sosta servizio di *car sharing*, Piazzale Roma, 2022. Foto di Francesco Bruzzone

rispondere all'immediata domanda dell'utente, ed il fatto di effettuare il tragitto senza fermate intermedie, con un aumento della velocità commerciale. Entrambi i sistemi sostanzialmente puntano ad eliminare, o comunque a ridurre, i tempi di attesa e i tempi di fermata tipici del normale trasporto pubblico, fornendo una esperienza *door-to-door* e il più "privata" possibile, avvicinandosi al concetto di taxi.

Soluzioni tecnologiche per i trasporti: dalla gestione del traffico al paradigma MaaS

La ricerca dell'efficienza nell'ambito dei trasporti non è legata sempre e solo alle tecnologie di cui il mezzo è equipaggiato bensì anche a sistemi di gestione di un complesso di veicoli, questi sono gli ITS, i quali sono stati applicati a partire dall'anno 2000 con i sistemi di prima generazione per poi evolversi negli anni successivi¹². Esempi di applicazione pratica di questi sistemi sono il tracciamento dei mezzi pubblici tramite AVM (*Automated Vehicle Monitoring*), al fine di dare all'utente l'informazione sulle tempistiche di passaggio del mezzo alle varie fermate, gestire le priorità semaforiche in modo da ottimizzare i flussi di traffico, gestire i sistemi di trasporto a guida autonoma come le metropolitane leggere o i *Personal Rapid Transit* (PRT).

L'applicazione complementare di ITS, e delle altre tecnologie digitali disponibili ha portato a formulare un nuovo paradigma nell'ambito della mobilità, ovvero quello del *Mobility as a Service* (MaaS). Molti dei servizi di mobilità sono teoricamente gestibili, in termini di prenotazione, pagamento, informazione e geolocalizzazione, mediante delle applicazioni per *smartphone* a loro dedicate, con un grande vantaggio per l'utente in termini di gestione della propria mobilità. Tuttavia, ogni operatore del trasporto ha una sua applicazione dedicata utile a dialogare con il proprio sistema di trasporto, per cui un viaggio che prevede uno spostamento con più modi gestiti da diversi operatori prevedrà altrettante operazioni di ricerca, prenotazione e pagamento. Il vantaggio del MaaS sarà quello di valutare nel complesso lo spostamento che il singolo utente deve compiere, utilizzando più mezzi in modo integrato e attraverso un sistema di prenotazione e pagamento unificato, permettendo di comparare in modo più semplice le diverse soluzioni¹³. Ciò renderà più semplici e maggiormente appetibili gli spostamenti intermodali e multimodali.

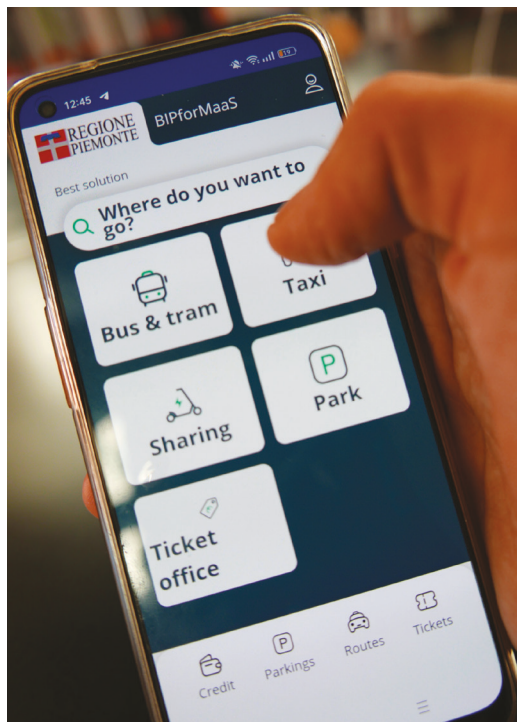
Il concetto di MaaS è già applicabile ai sistemi di trasporto convenzionali attualmente in uso, ma pare conciliarsi bene con alcuni aspetti dei sistemi di trasporto con offerta maggiormente personalizzata come PRT e FTS, quali la mobilità autonoma e la mancanza di un vincolo legato a orario e percorso. Infatti una gestione digitale integrata della domanda di trasporto consentita dal MaaS che dialoga con gli ITS evoluti, gestiti in prospettiva da un'intelligenza artificiale, potrebbe permettere di dare una risposta in tempo reale alla domanda di trasporto ottimizzando orari, percorsi, fermate e capacità dei veicoli utilizzati.

Per quanto riguarda la sostenibilità, il concetto di MaaS di per sé non incide direttamente sugli impatti ambientali provocati dalla mobilità¹⁴, ma permette di rendere maggiormente appetibili modelli di mobilità meno impattanti, basati sul trasporto pubblico consentendo – per quanto riguarda le merci – l'ottimizzazione del servizio e la conseguente riduzione del numero di veicoli necessari. Ciò, soprattutto in ambito urbano, può avere ripercussioni in termini di minori emissioni inquinanti e riduzione del rischio di congestione. Quando pensiamo al MaaS, infatti, viene spontaneo pensare ad un modo flessibile per gestire gli spostamenti delle persone. Tuttavia, l'applicazione di questi sistemi potrebbe essere legata anche alla distribuzione delle merci, che peraltro potrebbe avvenire mediante l'utilizzo dei medesimi veicoli utilizzati per il trasporto delle persone¹⁵, in una sorta di trasporto combinato.

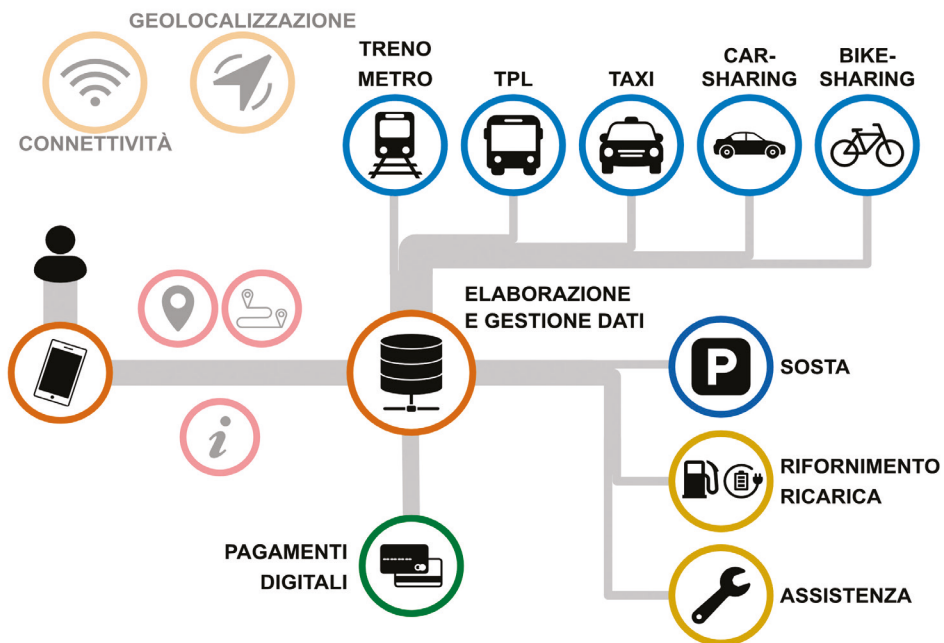
Il ruolo dell'automazione nella mobilità privata e pubblica

Altro tipo di rivoluzione a cui in futuro sarà molto probabile assistere è quella dei veicoli a guida completamente autonoma. Già con le vetture di ultima generazione sono disponibili sistemi di assistenza alla guida volti ad evitare le collisioni tra veicoli, come i sistemi di frenata assistita autonoma, con i quali è il veicolo stesso a decidere come agire, ma solo nel caso in cui venga rilevata un'emergenza e il conducente non agisca in tempo utile.

Le aspettative relative ai benefici della guida autonoma, nell'ambito della mobilità privata, riguardano prevalentemente l'aspetto della sicurezza e della riduzione della congestione¹⁶, mentre per quanto riguarda la mobilità pubblica il beneficio sta nella riduzione dei costi di esercizio del servizio, già sperimentati nel contesto dei sistemi a guida vincolata come metropolitane leggere e PRT, e che si vorrebbe applicare anche al trasporto su gomma, più flessibile. L'efficientamento dei flus-



App Mobility as a Service. Foto di Francesco Bruzzone



Schema concettuale funzionamento del MaaS

si di traffico, in particolare per la mobilità privata, in prospettiva vuol dire consentire ai veicoli di viaggiare con intertempi ravvicinati rispetto a quanto necessario per i veicoli con sistemi di guida tradizionale¹⁷, consentendo di aumentare i volumi di traffico a parità di sezione stradale o di ridurre lo spazio necessario per la circolazione dei veicoli. La guida completamente autonoma (livello 5) prevede che il veicolo possa operare in autonomia in qualsiasi condizione e in qualsiasi tipo di scenario di traffico, senza che vi sia necessità di intervento umano. Per raggiungere tale livello di automazione è necessario uno sviluppo tecnologico maggiore di quello attuale, che preveda sostanzialmente un'intelligenza artificiale in grado di gestire tutti gli impulsi delle varie strumentazioni e di agire di conseguenza¹⁸.

Un passo oltre

Se finora sono state descritte delle soluzioni e idee di cui si parla ormai da tempo e su cui pare abbastanza evidente la volontà di investimento, da parte dei *policymakers* ma anche dalle aziende del settore, in questo paragrafo si presentano tecnologie ancora sperimentali, o addirittura solamente ipotizzate, la cui applicazione potrebbe però avere delle importanti ripercussioni sul sistema della mobilità futura.

Un sistema di mobilità altamente innovativo è costituito dal progetto *NEXT*, sviluppato da una start-up italiana. Questo di fatto mette a sistema tecnologie già descritte in precedenza (MaaS, ITS, guida completamente autonoma) con l'idea del trasporto pubblico flessibile e personalizzato, introducendo inoltre un altro concetto molto interessante, non nuovo nell'ambito della mobilità, ovvero quello della modularità, che risulta innovativo per il modo in cui viene applicato rispetto al passato. I treni e le metropolitane sono infatti composti da moduli, che però, almeno per quanto riguarda il trasporto dei passeggeri, non variano sostanzialmente mai la loro composizione durante il servizio, in quanto il dispendio di tempo e risorse nelle operazioni non è vantaggioso. Nel progetto *NEXT* invece la modularità può essere utilizzata appunto nell'ottica di ottimizzare domanda e offerta raggruppando passeggeri con medesima origine e/o destinazione.

Questo sistema infatti è costituito da moduli a guida autonoma che si agganciano tra loro anche durante la marcia, nei tratti di percorso comuni a più passeggeri, i quali vengono redistribuiti nei moduli al fine di utilizzare solo quelli effettivamente necessari, rendendo disponibili

quelli in eccesso per altri utenti con diversi orari e destinazioni¹⁹. La piena potenzialità di questo sistema che appare al momento promettente deriva dallo sviluppo della guida completamente autonoma e da quando questa verrà considerata completamente sicura e normata di conseguenza.

Nell'ottica futura di avere a disposizione servizi sempre più personalizzati e flessibili è possibile immaginare, con il perfezionamento e l'ottimizzazione di tecnologie già oggi esistenti, che questi possano ad un certo punto essere svincolati anche dall'infrastruttura, utilizzando il volo non più esclusivamente come metodo di spostamento a lungo raggio ma anche per spostamenti di persone e merci in ambito urbano, liberando spazio destinato alla circolazione nelle città, riducendo così: tempi di percorrenza, congestione, ma anche emissioni inquinanti, dando per assodato che questi mezzi disporranno di alimentazione elettrica. La tecnologia di volo mediante drone (UAVs) è ormai diffusa e largamente impiegata per scopi diversi dal trasporto, ma il suo utilizzo per la mobilità di merci, e soprattutto passeggeri, presenta ad oggi vari limiti, tra cui l'autonomia, la capacità di carico, e non da ultimo la sicurezza del mezzo e l'inserimento nella normativa di settore²⁰. Va comunque sottolineato come su questo argomento la ricerca e la sperimentazione risultino ad un livello base, e come siano poche pubblicazioni con valore scientifico ad oggi disponibili. L'impressione è che questi sistemi verranno sviluppati solo con tempistiche molto lunghe, che molto probabilmente andranno oltre l'orizzonte temporale 2050 per quanto riguarda la mobilità delle persone, mentre l'utilizzo per la consegna delle merci sembra un traguardo più vicino e potenzialmente realizzabile nel caso venissero riscontrate le condizioni per un solido livello di sicurezza nelle fasi di volo.

Una tecnologia diversa, che punta prevalentemente alla minimizzazione dei tempi di spostamento attraverso l'incremento della velocità, è costituita dal *Hyperloop transportation system* (HTS), un sistema di treni viaggianti all'interno di tubi a pressione controllata. Questa soluzione si basa su quella che è la tecnologia dei treni *Maglev*, e da quelli che sono i suoi attuali limiti. Infatti anche in questo caso l'eliminazione dell'attrito tra veicolo e infrastruttura viene eliminato attraverso la levitazione magnetica, ma all'interno del condotto viene mantenuta una pressione atmosferica ridotta del 99%, in modo da ricreare le condizioni che si presentano nello spazio aperto, rimuovendo così anche

l'attrito dell'aria. La volontà in questo caso è quella di far viaggiare il mezzo a velocità prossima a quella del suono (superiore a 1000 km/h) con un minore dispendio di energia rispetto alla tecnologia a levitazione magnetica classica. La tecnologia HTS è però ancora agli albori e molti aspetti vanno ancora chiariti, a partire dal fatto che questa non è ancora stata testata su lunghe distanze²¹.

Conclusioni

Gli avanzamenti tecnologici che si sono potuti osservare fino ad oggi, e le evoluzioni avute dai vari sistemi di trasporto, ci permettono di avere un'idea abbastanza chiara di cosa accadrà nel breve e nel medio termine, mentre le prospettive sul lungo periodo appaiono ancora abbastanza indeterminate, visto che le variabili in gioco sono molteplici, e ancor più numerose sono quelle che ancora non abbiamo considerato. Con molta probabilità la mobilità del futuro non sarà più basata sui combustibili fossili ma sull'alimentazione elettrica, viste le recenti decisioni dei *policymakers* europei e la sempre più pressante urgenza di agire sul tema del cambiamento climatico. Se questa transizione sarà totale, ma soprattutto se si diffonderà a livello mondiale, dipenderà in gran parte da quanto questa tecnologia riuscirà a diventare affidabile ma soprattutto competitiva a livello economico.

Le tendenze di crescita nell'utilizzo dei servizi di *sharing* ci suggeriscono che la domanda di trasporto sarà sempre più rivolta a servizi flessibili, personalizzati e sempre disponibili, utilizzabili nel contesto della città densa come in quella diffusa. Questo concetto applicato alla mobilità pubblica porterà ad un probabile sviluppo di sistemi di tipo FTS o PRT, con veicoli per il trasporto di gruppi di utenti più piccoli rispetto ai sistemi di trasporto pubblico tradizionali, a cui questi nuovi modelli di mobilità si affiancheranno per completarne l'offerta.

L'attuale fattore di incertezza per l'affermazione di questi sistemi di trasporto riguarda il fatto che le tecnologie di cui questi necessitano non hanno conosciuto ancora un pieno sviluppo. In questa evoluzione, infatti, rivestiranno un ruolo di fondamentale importanza il paradigma MaaS, la guida totalmente autonoma, e le tecnologie digitali. Solo l'applicazione di questi elementi potrà rendere di semplice gestione da parte di utenti e delle aziende di trasporto, questi nuovi modelli di mobilità, nonché farli diventare competitivi sia dal punto di vista delle prestazioni, sia dal punto di vista dei costi di gestione.

Per quanto riguarda altre forme alternative di trasporto, qui descritte come futuribili, la loro applicazione pratica appare piuttosto lontana nel tempo, a meno di straordinari avanzamenti tecnologici nei prossimi anni. Potrebbe verificarsi, peraltro, che queste non riescano ad avere successo nella forma in cui le vediamo o le immaginiamo oggi, ma che piuttosto possano fungere da base per lo sviluppo di altri sistemi di mobilità ancora più avanzati, efficienti e appetibili agli utenti. Il futuro che abbiamo ipotizzato finora per la mobilità di cose e persone prevede l'applicazione di tecnologie sempre più avanzate e complesse, e che richiedono un notevole dispendio di energia. Rimane quindi il dubbio che la chiave dello sviluppo non possa risiedere, almeno parzialmente, in soluzioni più semplici, e che mentre si lavora per una larga diffusione dei droni, il futuro ci riporti piuttosto di nuovo in sella ad una bicicletta, anche se magari elettrica e condivisa.

1. F. Bruzzone, S. Nocera, *Issues in Modelling Traffic-Related Air Pollution: Discussion on the State-Of-The-Art*, in “Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021”, vol. 12950, Springer, Cham 2021, pp. 337-349.

2. EEA, *Transport and environment report 2021. Decarbonising road transport — the role of vehicles, fuels and transport demand*, Publications Office of the European Union, Copenhagen 2022.

3 F. Basso, *Stop alla vendita di auto diesel, benzina e/gpl dal 2035: cosa ha deciso il Parlamento europeo e cosa succede ora*, in “Il Corriere della Sera”, 9 giugno 2022.

4. S. Nocera, F. Cavallaro, *The competitiveness of alternative transport fuels for CO₂ emissions*, in “Transport Policy”, n. 50, 2016, pp. 1-14.

5. G. Ala, V. Castiglia, G. Di Filippo, R. Micheli, P. Romano, F. Viola, *From electric mobility to hydrogen mobility: current state and possible future expansions*, in “2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)”, 16-18 giugno, Palermo 2020, pp. 1-6.

6. www.glpautogas.info/data/hydrogen-stations-map-italy.html, ultima consultazione agosto 2022.

7. D. Viesi, L. Crema, M. Testi, *The Italian hydrogen mobility scenario*

implementing the European directive on alternative fuels infrastructure (DAFI 2014/94/EU), in “International Journal of Hydrogen Energy”, vol. 42, n. 44, 2017, pp. 1-20.

8. M. Martínez-Díaz, F. Soriguera, *Autonomous Vehicles: Theoretical and Practical Challenges*, in “Transportation Research Procedia”, vol. 33, 2018, pp. 275-282.

9. *Ibidem*.

10. B. Nansubuga, C. Kowalkowski, *Carsharing: a Systematic Literature Review and Research Agenda*, in “Journal of Service Management”, vol. 32 , n. 6, 2021, pp. 55-91.

11. S. Wright, C.D. Emele, M. Fukumoto, N.R. Velaga, J.D. Nelson, *The design, management and operation of flexible transport systems: Comparison of experience between UK, Japan and India*, in “Research in Transportation Economics”, vol. 48, 2014, pp. 330-338.

12. K.N. Qureshi, A.H. Abdullah, *A Survey on Intelligent Transportation Systems*, in “Middle-East Journal of Scientific Research”, vol. 15, n. 5, 2013, pp. 629-642.

13. C. Oliveira Cruz, J. Miranda Sarmiento, *“Mobility as a Service” Platforms: A Critical Path towards Increasing the Sustainability of Transportation Systems*, in “Sustainability”, vol. 12, n. 16, 2021, pp. 1-14.

14. R. Giesecke, T. Surakka, M. Hakonen, *Conceptualising Mobility as a Service*, in “2016 Eleventh International Conference on Ecologi-

cal Vehicles and Renewable Energies (EVER)”, 2016, pp. 1-11, doi: 10.1109/EVER.2016.7476443.

15. F. Bruzzone, F. Cavallaro, S. Nocera, *The Integration of Passenger and Freight Transport for First-last Mile Operations*, in “Transport Policy”, n. 100, 2021, pp. 31-48.

16. M. Martínez-Díaz, F. Soriguera, *Autonomous Vehicles: Theoretical and Practical Challenges*, in “Transportation Research Procedia”, vol. 33, 2018, pp. 275-282.

17. *Ibidem*.

18. J. Wang, H. Huang, K. Li, J. Li, *Towards the Unified Principles for Level 5 Autonomous Vehicles*, in “Engineering”, vol. 7, n. 9, 2021, pp. 1313-1325.

19. www.next-future-mobility.com/, ultima consultazione agosto 2022.

20 A. Rejeb, K. Rejeb, S.J. Simske, H. Treiblmaier, *Drones for Supply Chain Management and Logistics: a Review and Research Agenda*, in “International Journal of Logistics: Research and Applications”, 2021, pp. 1-24.

21. J.K. Nøland, *Prospects and Challenges of the Hyperloop Transportation System: A Systematic Technology Review*, in “IEEE Access”, vol. 9, 2021, pp. 28439-28458.