Relazione tecnica di sintesi e indirizzo

Veicolo connesso e automatizzato per merci e passeggeri

Dalla sperimentazione a modelli operativi scalabili

Documento per uso tecnico-istituzionale redatto sulla base dei contenuti emersi dal webinar tecnico dell'8 giugno 2026

23 giugno 2026

Il veicolo connesso e automatizzato non è una singola tecnologia, ma un ecosistema industriale, regolatorio, assicurativo e sociale. La tecnologia è una condizione necessaria, ma non sufficiente. Per scalare servono dati certificabili, infrastrutture abilitate, responsabilità leggibili, evidenze assicurative, governance pubblica e privata, cybersecurity, accettazione sociale e casi d'uso economicamente sostenibili.

Se in Italia fare innovazione diventa difficile, le imprese sono penalizzate due volte: non accedono tempestivamente alle soluzioni che migliorano sicurezza, efficienza e competitività; e devono competere con aziende di Paesi che sperimentano prima, accumulano know-how operativo, attraggono investimenti e trasformano l'innovazione in vantaggio industriale.

Indice

Executive summary

Il confronto tecnico ha confermato che il veicolo connesso e automatizzato deve essere trattato come una piattaforma operativa complessa, non come un semplice prodotto tecnologico. La distinzione è decisiva: un veicolo può essere dotato di sensori, software, capacità decisionali e connettività avanzata, ma non diventare automaticamente un servizio utile, autorizzabile, assicurabile e accettato. La scalabilità dipende dalla capacità di far funzionare insieme veicolo, infrastruttura, dati, regole, responsabilità, modelli economici, operatori e utenti.

L'innovazione nel campo della guida automatizzata presenta un valore potenziale elevato per i passeggeri e per le merci. Nel trasporto passeggeri può contribuire a servizi di ultimo miglio, navette in sede protetta, collegamenti con nodi di trasporto pubblico, maggiore accessibilità per aree periferiche e miglioramento della sicurezza in contesti controllati. Nel trasporto merci può abilitare modelli depot-to-depot, automazione intralogistica, refilling dinamico, collegamenti tra hub, corridoi autostradali, maggiore continuità operativa e migliore uso della capacità logistica.

Il valore non nasce però dall'automazione in sé. Nasce dall'integrazione. Una navetta autonoma che non dialoga con l'infrastruttura, un veicolo merci che entra in un hub non automatizzato, un robotaxi privo di regole di responsabilità chiare, un mezzo connesso senza data governance e cybersecurity non generano automaticamente progresso. Possono produrre complessità, incertezza e rischio.

La relazione mette in evidenza un punto strategico: l'Italia non può limitarsi a osservare la maturazione della tecnologia all'estero. Se sperimentare diventa troppo difficile, lento o incerto, il sistema nazionale subisce una doppia penalizzazione. La prima riguarda l'accesso all'innovazione: imprese, gestori infrastrutturali e operatori non possono apprendere tempestivamente come integrare nuove tecnologie nei propri processi. La seconda riguarda la concorrenza: altri Paesi sviluppano testbed, regole, dati, competenze e modelli di business, poi portano sul mercato soluzioni con cui le aziende italiane devono confrontarsi.

Il messaggio non è deregolare. Al contrario, innovare in modo serio richiede più qualità regolatoria, non meno regole. Servono procedure chiare, tempi prevedibili, responsabilità definite, standard di evidenza, audit trail, criteri assicurativi e condizioni di sicurezza verificabili. La sperimentazione controllata non abbassa le garanzie. Le rende più misurabili.

L'indicazione operativa è costruire un percorso nazionale di sperimentazione scalabile, centrato su casi d'uso ad alto valore e basso rischio relativo: navette in sede protetta o semi-protetta, linee BRT, aree logistiche, hub, aree portuali e aeroportuali, tratte autostradali controllate, corridoi transfrontalieri, servizi merci in ambiente definito. Ogni sperimentazione dovrebbe produrre dati comparabili, metriche di sicurezza, valutazioni assicurative, evidenze operative, lesson learned e condizioni di replicabilità.

Sintesi delle priorità

La priorità non è dimostrare che il veicolo si muove da solo senza necessità di intervento umano. La priorità è dimostrare che il servizio funziona, è sicuro, è assicurabile, è governabile, è sostenibile e può essere replicato senza dipendere da condizioni eccezionali. Per questo la misura della maturità non coincide con il livello tecnologico del veicolo. Coincide con la maturità dell'ecosistema operativo in cui il veicolo viene inserito.

1. Perimetro, metodo e chiave di lettura

Questa relazione è stata redatta come documento tecnico di uso generico per stakeholder del settore trasporti, logistica, mobilità, infrastrutture, assicurazioni, tecnologia e policy pubblica. Non è una trascrizione del webinar e non sostituisce un parere legale, assicurativo o omologativo. È una sintesi ragionata dei contenuti emersi, integrata con una lettura tecnico-sistemica e con azioni di mitigazione orientate alla scalabilità.

Il metodo seguito è qualitativo. I contributi dei relatori sono stati ricondotti a otto profili di analisi: maturità tecnologica, dati e connettività, responsabilità, assicurabilità, cybersecurity, etica e accettazione sociale, casi reali, governance istituzionale. Per ciascun profilo sono stati identificati il valore generabile, i colli di bottiglia, le condizioni abilitanti e le azioni possibili.

La relazione utilizza la formula “veicolo connesso e automatizzato” come espressione tecnica più corretta rispetto al linguaggio corrente “veicolo autonomo”. Un veicolo può essere connesso senza essere automatizzato, può essere automatizzato entro un dominio operativo limitato senza essere pienamente autonomo, può essere cooperativo quando scambia informazioni con infrastruttura, cloud, altri veicoli e utenti vulnerabili. La scalabilità richiede la convergenza di queste dimensioni.

La chiave interpretativa principale è il passaggio dalla prova tecnologica al modello operativo. Una sperimentazione è utile se produce conoscenza trasferibile. Un modello operativo è scalabile se resta sicuro, misurabile, economicamente sostenibile e giuridicamente gestibile anche quando aumenta il numero dei veicoli, dei chilometri percorsi, degli utenti coinvolti, degli operatori e delle condizioni ambientali.

1.1 Terminologia essenziale

Veicolo connesso: veicolo capace di scambiare dati con cloud, infrastruttura, altri veicoli, operatori, servizi digitali o centri di controllo. La connettività può servire a informazione, sicurezza, gestione flotte, aggiornamenti, manutenzione, pagamento, tracciamento e supporto decisionale.

Veicolo automatizzato: veicolo in cui specifiche funzioni di guida sono svolte da un sistema tecnico entro limiti definiti. Il livello di automazione dipende dal ruolo residuo del conducente, dal dominio operativo e dalla capacità del sistema di gestire fallback e condizioni anomale.

Veicolo autonomo: espressione di uso comune, spesso usata per indicare sistemi ad alta automazione. Va usata con cautela, perché può suggerire una indipendenza assoluta che raramente esiste nella realtà operativa. Anche i sistemi più avanzati dipendono da dati, manutenzione, mappa, regole, supervisione e condizioni ambientali.

ODD, Operational Design Domain: insieme delle condizioni in cui il sistema è progettato per operare: tipo di strada, velocità, meteo, traffico, segnaletica, geofencing, illuminazione, presenza di utenti vulnerabili, disponibilità di connettività e stato dell’infrastruttura.

Scalabilità: capacità di passare da test limitati a servizi estesi mantenendo sicurezza, disponibilità, qualità, sostenibilità economica, responsabilità tracciabile e capacità assicurativa.

Audit trail: traccia documentale e digitale degli eventi, delle decisioni, delle versioni software, dei parametri, degli interventi e delle condizioni operative. È essenziale per ricostruzione degli incidenti, gestione sinistri, compliance, responsabilità e fiducia.

2. Perché il veicolo connesso e automatizzato è un tema industriale

Il webinar ha mostrato una convergenza netta: la questione non è più chiedersi se la tecnologia esista. Molte componenti tecnologiche sono già mature o vicine al mercato: sensoristica, computer vision, intelligenza artificiale, mappe ad alta definizione, connettività, edge computing, software defined vehicle, aggiornamenti over-the-air, gestione flotte e piattaforme dati. Il problema centrale è la maturità applicativa.

La maturità applicativa dipende dalla capacità di trasformare componenti in servizi. Una tecnologia può essere a un alto livello di maturità tecnologica e restare bassa sul piano della maturità di servizio. La differenza è rilevante per le imprese: non acquistano "automazione", acquistano affidabilità, continuità, riduzione del rischio, produttività, tracciabilità, qualità del servizio e ritorno dell'investimento.

Nel trasporto e nella logistica l'innovazione non si misura sul laboratorio, ma sull'operatività. Un veicolo autonomo merci che non sa gestire carico, scarico, accesso in terminal, cambio documentale, interazione con personale, sicurezza del piazzale e gestione delle eccezioni non è ancora una soluzione logistica. Una navetta autonoma che richiede un contesto troppo protetto, una procedura autorizzativa eccessiva o costi non compatibili con i contratti di servizio non è ancora un servizio di mobilità collettiva.

Il punto industriale è quindi il seguente: la tecnologia crea valore quando entra in un ecosistema predisposto. L'ecosistema include infrastrutture fisiche, infrastrutture digitali, regole di accesso, dati certificabili, standard di sicurezza, modelli assicurativi, responsabilità allocata, formazione degli operatori, procedure di emergenza, manutenzione, rapporto con l'utenza e sostenibilità economica.

Questa impostazione sposta il dibattito dal "veicolo" al "sistema". È un passaggio decisivo. Il rischio di una lettura troppo tecnologica è concentrare risorse su prototipi, demo e singoli use case, senza costruire le condizioni che permettono di replicarli. Il rischio opposto è bloccare l'innovazione in nome della complessità. La soluzione è la sperimentazione controllata, misurabile e orientata alla replicabilità.

2.1 Impatto competitivo

Il tema competitivo è centrale. I Paesi che rendono più semplice la sperimentazione non ottengono solo dimostrazioni tecnologiche. Accumulano dati reali, esperienza autorizzativa, competenze professionali, modelli assicurativi, standard operativi, processi di manutenzione, protocolli di sicurezza e fiducia degli stakeholder. Questo patrimonio non si costruisce leggendo report. Si costruisce mettendo a terra casi d'uso reali.

Quando una impresa nazionale deve sperimentare all'estero, trasferisce all'estero una parte del proprio apprendimento. Quando un operatore logistico o un gestore infrastrutturale partecipa a un testbed in un altro Paese, crea valore anche per quell'ecosistema regolatorio, tecnico e industriale. Se il contesto italiano resta lento, incerto o frammentato, il danno non è solo ritardo tecnologico. È perdita di capacità competitiva.

L'innovazione nel veicolo connesso e automatizzato genera vantaggio cumulativo. Chi sperimenta prima raccoglie più dati, migliora più rapidamente i sistemi, abbassa l'incertezza assicurativa, definisce standard di fatto, costruisce supply chain e attrae investimenti. Chi ritarda entra nel mercato quando le regole tecniche e commerciali sono già state scritte altrove.

3. Valore per trasporto passeggeri e mobilità collettiva

Nel trasporto passeggeri il veicolo connesso e automatizzato può generare valore soprattutto dove esistono condizioni operative controllabili e domanda di mobilità non pienamente servita. I casi d'uso più realistici nel breve e medio periodo non sono necessariamente quelli di autonomia piena in traffico urbano misto e complesso. Sono servizi a dominio operativo definito: navette in aree dedicate, collegamenti di ultimo miglio, terminal, campus, ospedali, aeroporti, porti, parcheggi di interscambio, linee BRT e tratte protette.

Il contributo istituzionale sul trasporto passeggeri ha richiamato un punto essenziale: le aziende non vivono di sperimentazioni, ma di esercizio quotidiano. I contratti di servizio, i livelli di servizio, la sicurezza dell'utenza, la gestione del personale e la continuità dell'offerta impongono che una tecnologia non offra un "di meno" rispetto al servizio attuale. Deve offrire almeno pari affidabilità, meglio se con maggiore sicurezza, copertura, flessibilità o efficienza.

Il tema della sicurezza resta il criterio principale di valutazione. Allo stesso tempo, è bene tener conto del fatto che circa il 90% degli incidenti stradali è riconducibile, direttamente o indirettamente, a fattori di distrazione o errore umano. Per questo la guida automatizzata, se sviluppata entro domini operativi chiari e con adeguate garanzie tecniche, può rappresentare non solo un'innovazione di servizio, ma anche uno strumento di riduzione del rischio.

La prima applicazione plausibile di sistemi di guida autonoma non è la sostituzione generalizzata del trasporto pubblico. È l'integrazione selettiva. Il veicolo automatizzato può colmare vuoti di offerta nell'ultimo miglio, servire aree a domanda debole, potenziare collegamenti con nodi di forza, supportare servizi porta a porta per determinate fasce di utenza, integrare linee a maggiore capacità, ridurre costi operativi in ambiti circoscritti e migliorare l'accessibilità.

In prospettiva, la diffusione della guida autonoma è destinata a produrre un cambiamento profondo nel modo in cui noi pensiamo la mobilità. Se non saremo più al volante ma sempre più nella condizione di semplici passeggeri, il valore del possesso del veicolo tenderà progressivamente a ridursi. Se consideriamo il fatto che i veicoli privati restano fermi mediamente il 95% del tempo, diventerà sempre meno importante avere auto di proprietà e diventerà più vantaggioso poter contare su un servizio di mobilità efficiente, disponibile e sicuro. In altre parole, il baricentro si sposterà dal mezzo al servizio. La diffusione di modelli organizzativi efficienti e di flotte di veicoli autonomi, di piccole dimensioni e limitati posti a bordo, offrirà alle imprese di trasporto pubblico la possibilità di affiancare ai modelli tradizionali di trasporto di massa servizi a maggiore valore aggiunto "su misura".

Così, l'automazione può modificare il modello di business. Gli operatori che oggi gestiscono flotte di autobus potrebbero in futuro gestire flotte di veicoli a chiamata, navette autonome o servizi misti. La sfida non è difendere lo schema esistente, ma governare la transizione affinché gli operatori attuali diventino protagonisti della nuova offerta e non soggetti disintermediati da piattaforme tecnologiche esterne.

Il rischio urbano va trattato con rigore. Se il veicolo autonomo diventa solo una nuova auto privata senza conducente, può aumentare congestione, consumo di spazio, percorrenze a vuoto e competizione con il trasporto collettivo. Se invece viene integrato in sistemi condivisi e collettivi, può sostenere una mobilità più accessibile, coordinata e sostenibile. La differenza dipende dalle scelte di policy, non dalla tecnologia in sé.

3.1 Condizioni di scalabilità nel passeggeri

- Dominio operativo definito: sede protetta o semi-protetta, velocità compatibili, interazioni prevedibili, gestione chiara delle emergenze.

- Contratto di servizio compatibile: il servizio automatizzato deve poter essere inserito in un quadro di obblighi, penali, indicatori e responsabilità.
- Accettazione dell'utente: fiducia, comprensione del funzionamento, comunicazione chiara, presenza di canali di assistenza e gestione delle anomalie.
- Supervisione tecnica: presidio remoto o locale, protocolli di fallback, intervento in caso di blocco, incidente, malore a bordo o evento esterno.
- Integrazione tariffaria e informativa: il servizio deve essere accessibile dentro sistemi informativi, app, titoli di viaggio e pianificazione multimodale.
- Misurazione del valore: passeggeri trasportati, riduzione tempi di accesso, disponibilità del servizio, incidenti evitati, costi operativi, soddisfazione degli utenti.

4. Valore per merci, logistica e supply chain

Nel trasporto merci il veicolo connesso e automatizzato ha una traiettoria diversa rispetto al settore dei passeggeri. La domanda chiave non è se il mezzo possa guidare da solo in senso astratto, ma dove possa generare valore dentro una catena logistica reale. Il valore potenziale è elevato, ma non automatico.

Gli use case più credibili sono quelli in cui il dominio operativo è controllabile e il processo logistico può essere ridisegnato: intralogistica, collegamenti tra hub, terminal, aree portuali, aree aeroportuali, depositi, tratte depot-to-depot, corridoi autostradali, refilling dinamico, locker mobili, shuttle merci e automazione di piazzale. In questi contesti è possibile costruire sicurezza, dati, processi e responsabilità in modo più ordinato rispetto alla circolazione urbana mista.

Il contributo degli operatori logistici ha evidenziato un punto spesso trascurato: un veicolo a guida autonoma inserito in un hub non automatizzato rischia di non poter operare. L'autista svolge oggi molte attività oltre alla guida: carico, scarico, verifica documentale, interazione con personale, gestione imprevisti, controllo merci, decisioni in piazzale, sicurezza. Se queste funzioni non sono riprogettate, l'automazione della guida resta un pezzo isolato.

La logistica richiede quindi un TRL di sistema, non solo un TRL tecnologico. La maturità della tecnologia a bordo può essere alta, mentre la maturità del sistema logistico che deve riceverla resta bassa. Questo spiega perché alcuni test europei abbiano valore tecnologico ma non ancora valore pienamente industriale. La vera soglia è l'inserimento in real operation.

Nel caso merci, il veicolo connesso assume un valore ulteriore: non trasporta solo merci, ma produce dati. Può generare informazioni su condizioni stradali, tempi, consumi, comportamento, manutenzione, eventi, anomalie, traffico, sicurezza, efficienza di percorso e affidabilità della catena. Questi dati possono migliorare programmazione, manutenzione predittiva, sicurezza, controllo qualità, gestione sinistri e ottimizzazione della supply chain.

4.1 Condizioni di scalabilità nel trasporto merci

- Use case industriale chiaro: il veicolo automatizzato deve risolvere un problema operativo misurabile, non solo dimostrare una capacità tecnologica.
- Integrazione con hub e terminal: accessi, piazzali, carico e scarico devono essere compatibili con operazioni senza conducente o con supervisione ridotta.
- Corridoi e tratte definite: la prima scala realistica è su percorsi ricorrenti, mappati, gestiti e monitorati.
- Business case positivo: il costo del mezzo, della supervisione, della connettività e dell'infrastruttura deve essere bilanciato da produttività, continuità, sicurezza o riduzione di inefficienze.
- Responsabilità distribuita: vettore, committente, OEM, software provider, gestore infrastrutturale e assicuratore devono operare dentro uno schema leggibile.
- Regole europee armonizzate: per la logistica internazionale servono corridoi transfrontalieri con requisiti coerenti, altrimenti ogni frontiera diventa una discontinuità tecnica e giuridica.

5. Maturità tecnologica e limite della sola tecnologia

Il keynote tecnologico ha introdotto una distinzione cruciale tra maturità della tecnologia e maturità dell'applicazione. Molte tecnologie abilitanti sono già avanzate: intelligenza artificiale, sensori, robotica, mappe, elaborazione edge, connettività, veicoli software-defined. In alcune aree del mondo esistono già servizi e sperimentazioni avanzate, in particolare su robotaxi, robotruck, veicoli autonomi per consegne e sistemi integrati di logistica.

Questo non significa che ogni contesto sia pronto. La maturità tecnologica non coincide con la capacità di operare in tutte le condizioni. Il concetto di ODD resta il punto metodologico essenziale. Ogni sistema deve dichiarare con precisione dove, quando e come può operare: tipo di strada, velocità, meteo, illuminazione, segnaletica, traffico, interazioni, stato della connettività e presenza di utenti vulnerabili.

La differenza tra merci e passeggeri è multilivello. È tecnologica, perché i mezzi, i pesi, le manovre e i domini operativi sono diversi. È regolatoria, perché cambiano le responsabilità e i requisiti di servizio. È economica, perché nel settore merci domina il business case operativo e in quello passeggeri pesa il contratto di servizio e l'accettazione dell'utenza. È sociale, perché il passeggero vive direttamente l'esperienza di affidarsi a un sistema senza conducente visibile.

L'accelerazione dell'intelligenza artificiale riduce alcuni costi e aumenta la capacità dei sistemi di riconoscere contesti, oggetti e situazioni. Ma aumenta anche la necessità di validazione, controllo, aggiornamento, auditabilità e gestione del cambiamento software. Una tecnologia che apprende o viene aggiornata nel tempo deve essere governata in modo rigoroso, perché ogni variazione può modificare il profilo di rischio.

Il limite della sola tecnologia è quindi evidente. Anche se il veicolo "sa guidare", resta aperta la questione del contesto: dati disponibili, infrastruttura leggibile, autorizzazioni, responsabilità, cybersecurity, manutenzione, assicurazione, supervisione, gestione incidenti e accettazione. La scalabilità non si ottiene aggiungendo sensori al veicolo. Si ottiene costruendo condizioni di esercizio.

> La domanda corretta non è: il veicolo è autonomo? La domanda corretta è: in quale ODD, con quali dati, con quale responsabilità, con quale supervisione, con quale assicurazione e con quale business case il servizio può operare?

6. Dati, data ecosystem e infrastruttura digitale

Il tema dei dati è emerso come asse portante del webinar. Il veicolo connesso e automatizzato non è alimentato solo da energia. È alimentato da dati. I sensori a bordo hanno capacità limitate: vedono entro un raggio, in condizioni variabili, con possibili occlusioni, meteo avverso, segnaletica non coerente o situazioni non previste. Per operare in modo sicuro il veicolo necessita di un "orizzonte elettronico": una rappresentazione aggiornata e affidabile dell'ambiente in cui opera.

L'orizzonte elettronico non è la mappa tradizionale usata dall'essere umano per orientarsi. È un modello operativo dell'infrastruttura e del contesto, leggibile dal sistema, aggiornabile, verificabile e collegato a decisioni di guida. Deve contenere informazioni statiche, dinamiche e quasi real-time: geometria, corsie, limiti, segnaletica, lavori, eventi, condizioni meteo, stato della strada, ostacoli, anomalie, flussi, presenza di utenti vulnerabili e restrizioni operative.

Il dato non ha valore se non è governato. La catena del dato include generazione, acquisizione, filtraggio, normalizzazione, validazione, certificazione, distribuzione, uso operativo, logging, conservazione e audit. Ogni passaggio genera responsabilità. Chi produce il dato? Chi lo valida? Chi ne garantisce aggiornamento, accuratezza e integrità? Chi può accedervi? Chi risponde se il dato è errato, obsoleto, manipolato o non disponibile?

Per questo il concetto di data space condiviso è centrale. Il veicolo autonomo non può dipendere da silos informativi non interoperabili. Servono regole comuni per accesso, qualità, responsabilità, privacy, uso commerciale, sicurezza e retention. Un data space della mobilità connessa e automatizzata deve mettere in relazione data company, OEM, operatori, gestori infrastrutturali, assicurazioni, enti pubblici, centri di controllo e soggetti di ricerca.

La qualità del dato diventa requisito industriale. Non basta avere dati. Servono dati con accuratezza nota, latenza compatibile, aggiornamento misurabile, provenienza tracciata, standard semantici condivisi, controlli di integrità e classificazione per criticità. Alcuni dati sono informativi; altri sono safety-critical. La governance deve distinguerli.

6.1 Dal veicolo sensore al sistema cooperativo

Nel modello più avanzato, il veicolo diventa sensore e nodo di rete. Raccoglie informazioni dall'ambiente, le processa localmente, invia dati all'ecosistema, riceve aggiornamenti e contribuisce a migliorare la conoscenza condivisa. Questa dinamica crea benefici, ma anche nuove superfici di rischio.

Il sistema cooperativo non deve dipendere da un singolo punto di fallimento. La guida automatizzata deve poter gestire perdita di connettività, dati incompleti, incongruenze tra sensori e mappe, eventi non previsti, aggiornamenti software e interazioni con veicoli non connessi. Il dato deve aiutare, non creare dipendenza fragile.

La questione della sicurezza del dato è decisiva. Se la gestione del veicolo viene digitalizzata in tempo reale, la non violabilità del sistema diventa una condizione di sicurezza fisica. Una manipolazione del dato non è solo un incidente informatico. Può diventare un incidente stradale, un sinistro assicurativo, un problema di ordine pubblico o una crisi di fiducia.

6.2 Data governance minima

- Catalogo dei dati critici: identificare quali dati sono necessari al funzionamento sicuro e quali sono utili ma non essenziali.
- Classificazione per criticità: safety-critical, operational-critical, commercial, personal, aggregate, open data.

- Regole di provenienza: ogni dato rilevante deve avere fonte, timestamp, versione, livello di affidabilità e responsabilità di aggiornamento.
- Standard di interoperabilità: formato, semantica, interfacce e protocolli devono essere leggibili da attori diversi.
- Audit trail: ogni decisione rilevante deve poter essere ricostruita con dati, versione software, parametri e contesto operativo.
- Cybersecurity by design: autenticazione, integrità, cifratura, monitoraggio, gestione vulnerabilità, risposta agli incidenti e test periodici.
- Retention policy: definire per quanto tempo conservare dati, video, log, manutenzioni, override e incidenti, bilanciando ricostruzione, privacy e costi.
- Regole di accesso assicurativo: stabilire quali dati possono essere usati per valutazione del rischio, pricing, gestione sinistri e antifrode.

7. Responsabilità, assicurabilità e gestione del rischio

L'assicurabilità è il ponte tra sperimentazione e industrializzazione. Un servizio non diventa scalabile se non può essere assicurato in modo stabile, comprensibile e sostenibile. Il punto emerso è netto: le assicurazioni non assicurano la tecnologia in quanto tale. Assicurano rischi. Per assicurare rischi devono poterli comprendere, misurare, attribuire e gestire.

Nel modello tradizionale, il conducente umano è un attore centrale della ricostruzione: vede, decide, agisce, testimonia, viene valutato. Nel veicolo automatizzato la catena cambia. La decisione può dipendere da software, sensori, dati, mappe, aggiornamenti, infrastruttura, operatore remoto, manutenzione e impostazioni del sistema. Il sinistro non è più solo evento di guida. È evento socio-tecnico.

La responsabilità tende quindi a diffondersi. Restano rilevanti i concetti di responsabilità del proprietario, assicurazione obbligatoria, responsabilità prodotto e responsabilità professionale. Ma si aggiungono e si intrecciano responsabilità di OEM, software provider, AD stack provider, fleet operator, manutentori, gestori infrastrutturali e autorità pubbliche. Il problema non è inventare da zero tutto il diritto della responsabilità. È rendere leggibile la catena delle responsabilità in scenari complessi.

L'assicurabilità richiede evidenze. La prima evidenza è prestazionale: il sistema deve dimostrare performance stabili e ripetibili nel proprio dominio operativo. La seconda è misurabile: chilometri, condizioni operative, tassi di intervento, incidenti, near miss, disingaggi, modalità operative. La terza è organizzativa: gestione incidenti, validazione aggiornamenti, autorizzazione dei cambiamenti, manutenzione, supervisione e cybersecurity.

Il rischio di scala è diverso dal rischio pilota. Un progetto con pochi veicoli e forte supporto ingegneristico può funzionare senza dimostrare che il modello regga quando i veicoli diventano centinaia o migliaia. La scalabilità aumenta anche il rischio di accumulo: se molti veicoli condividono lo stesso stack software o dipendono da uno stesso servizio dati, un malfunzionamento comune può produrre effetti sistemici.

7.1 Evidence package minimo per assicurabilità

- Descrizione dell'ODD e dei limiti operativi.
- Storico delle performance reali, non solo simulazioni.
- Chilometri percorsi, condizioni ambientali, modalità operative e profilo di esposizione.
- Tasso di interventi, disingaggi, override, fallback e near miss.
- Event data recorder e log di percezione, decisione e azione.
- Versione software, parametri attivi, aggiornamenti e autorizzazione dei cambiamenti.
- Processo di incident management e tempi di risposta.
- Protocollo di manutenzione e prove documentali, anche fotografiche quando rilevanti.
- Policy di conservazione dati e accesso ai dati per sinistri.
- Matrice delle responsabilità tra OEM, provider, operatore, infrastruttura e autorità.
- Controlli cybersecurity e gestione vulnerabilità.
- Piano di scalabilità e gestione del rischio di accumulo.

8. L’assicurabilità dei veicoli con guida autonoma: dal rischio sperimentale al rischio industriale

L’assicurabilità dei veicoli con guida autonoma è una condizione decisiva per trasformare la sperimentazione tecnologica in un modello operativo scalabile. Un servizio autonomo può essere avanzato sul piano tecnico, ma non diventa industrializzabile finché il rischio che genera non è leggibile, misurabile, attribuibile e trasferibile al mercato assicurativo. La mobilità autonoma è assicurabile in linea di principio, ma non con gli stessi schemi usati per rischi tradizionali e statisticamente consolidati. La domanda corretta non è se un veicolo autonomo possa essere assicurato. La domanda centrale è a quali condizioni un servizio autonomo possa diventare assicurabile su scala, dentro un quadro regolatorio, tecnico e operativo maturo. L’assicuratore non assicura la tecnologia in sé. Assicura il rischio. Per questo il veicolo autonomo non viene valutato solo per il suo livello di innovazione, ma per la capacità dell’intero sistema di produrre evidenze affidabili sul proprio comportamento, sulla propria esposizione e sulle responsabilità dei soggetti coinvolti. L’assicurabilità dipende quindi da un ecosistema composto da costruttori, fornitori software, operatori, gestori infrastrutturali, data provider, autorità pubbliche, manutentori e soggetti responsabili della supervisione.

Nel modello tradizionale, il rischio è spesso collegato al comportamento del conducente umano. Nei sistemi autonomi, invece, il rischio si distribuisce lungo una catena più ampia. Una decisione del veicolo può dipendere dal software di guida, dalla qualità dei dati, dallo stato dell’infrastruttura, dalle condizioni operative, dagli aggiornamenti installati, dalla manutenzione o dalla supervisione remota. Per questo il tema assicurativo non può essere trattato come semplice estensione della responsabilità civile auto. Richiede una logica evoluta di gestione del rischio operativo. La prima condizione di assicurabilità è la prevedibilità. Il sistema autonomo deve dimostrare prestazioni stabili e ripetibili all’interno del proprio Operational Design Domain, cioè il dominio operativo per cui è progettato e autorizzato. Non basta dichiarare che il sistema è sicuro. Occorre dimostrarlo con evidenze tecniche e operative, raccolte nel mondo reale, capaci di sostenere una valutazione prospettica del rischio. Questa esigenza è complessa perché le tecnologie autonome dispongono ancora di serie storiche limitate. Il mercato assicurativo costruisce le proprie valutazioni su dati relativi a sinistri, frequenze, severità, esposizione e comportamenti osservati nel tempo. Nel caso della guida autonoma, queste informazioni sono ancora parziali e spesso distribuite tra costruttori, fornitori dell’Automated Driving stack, operatori e gestori infrastrutturali. Servono quindi evidenze operative, governance degli aggiornamenti software, tracciabilità delle modifiche, validazione delle evoluzioni del sistema e controllo dei rischi cyber.

La seconda condizione è la misurabilità. Il rischio deve essere quantificabile. Un assicuratore deve conoscere l’esposizione reale del servizio: chilometri percorsi in modalità autonoma, condizioni operative, tratte interessate, livello di supervisione, interventi umani, anomalie, quasi incidenti, incidenti e frequenza attesa dei sinistri. Senza misurabilità non esiste pricing robusto, né valutazione sostenibile del rischio. Nei primi stadi di sviluppo, alcuni indicatori possono integrare i dati sinistri ancora limitati. Disengagement, override manuali, interventi di sicurezza, anomalie del sistema ed eventi critici possono funzionare come proxy dell’affidabilità operativa. Non sostituiscono il dato assicurativo tradizionale, ma aiutano a costruire una prima lettura tecnica del rischio. Per questo devono essere raccolti in modo standardizzato, verificabile e confrontabile.

La terza condizione è l’attribuzione della responsabilità. In caso di evento dannoso, il sistema deve consentire di ricostruire chi ha fatto cosa, quando, con quali informazioni disponibili e secondo quale logica operativa. Nella guida autonoma il conducente non è più il principale riferimento per la ricostruzione del sinistro. Diventano centrali i dati: stato del veicolo, modalità di guida attiva, versione

software, input dei sensori, decisioni del sistema, eventuali interventi umani, comunicazioni con l'infrastruttura e condizioni ambientali. L'attribuzione non è solo un problema giuridico. È prima di tutto un problema informativo. Se i dati non sono disponibili, integri, interpretabili o riconosciuti come affidabili, la catena delle responsabilità diventa opaca. Questa opacità riduce l'assicurabilità perché aumenta l'incertezza nella gestione dei sinistri, nella rivalsa, nella ripartizione delle responsabilità e nella prevenzione degli eventi futuri.

La quarta condizione riguarda la responsabilità dell'operatore. Un servizio autonomo non è assicurabile solo perché il veicolo è tecnologicamente avanzato. Deve esistere un soggetto operativo capace di governare il servizio, gestire il rischio e rispondere delle procedure. L'operatore deve dimostrare un sistema robusto di risk management, con governance delle anomalie, manutenzione, protocolli di sicurezza, piani di intervento, supervisione e continuità operativa. Nei servizi autonomi, le attività rilevanti non coincidono solo con la guida. Rientrano nella gestione del rischio anche la messa in sicurezza del luogo dell'incidente, l'allerta dei soccorsi, l'assistenza ai passeggeri, la gestione del carico, la manutenzione predittiva, la protezione dei dati, la cybersecurity, la formazione del personale e il coordinamento con il gestore infrastrutturale. L'assicurabilità richiede quindi un modello operativo completo, non un singolo veicolo performante.

La quinta condizione è la scalabilità. Un sistema che funziona in un progetto pilota non è automaticamente pronto per l'impiego industriale. I piloti operano spesso con pochi veicoli, percorsi limitati, forte supporto ingegneristico e monitoraggio intensivo. La scala introduce più veicoli, più tratte, più utenti, più condizioni operative, più manutenzione, più aggiornamenti software e maggiore esposizione aggregata. Un modello che funziona con venti veicoli non è necessariamente idoneo a funzionare con migliaia di veicoli in contesti diversi. A questo si aggiunge il rischio di accumulo. Quando molti mezzi utilizzano lo stesso software, lo stesso Automated Driving stack o la stessa architettura dati, un difetto comune può generare eventi multipli. Un aggiornamento errato, una vulnerabilità cyber o un'anomalia nella catena dati possono produrre danni seriali. Questo rischio sistemico incide sulla capacità assicurativa, sul pricing, sui limiti di copertura, sulla riassicurazione e sui controlli richiesti agli operatori. In tale quadro, l'event log diventa il nuovo testimone della mobilità autonoma. In assenza del conducente umano come fonte principale di ricostruzione, il log deve indicare cosa il veicolo ha percepito, quali informazioni ha elaborato, quale decisione ha assunto, quale azione ha eseguito e in quale configurazione operativa si trovava. Deve registrare modalità autonoma o convenzionale, livello di automazione, versione software, sensori attivi, parametri impostati, override, interventi remoti, degradazioni di sistema e dati esterni utilizzati. La qualità del log è determinante. Un dato incompleto non riduce l'incertezza. Un dato manipolabile non sostiene la responsabilità. Un dato non standardizzato non consente confronto tra casi. Un dato non accessibile rallenta la gestione del sinistro. Per questo logging, audit trail e incident reconstruction devono essere progettati come componenti strutturali del servizio autonomo, non come elementi aggiunti dopo la sperimentazione.

La standardizzazione dell'evidenza operativa è quindi una priorità. Servono standard comuni per registrazione degli eventi, classificazione degli incidenti, descrizione delle anomalie, reporting operativo, misurazione delle performance e qualificazione dei dati rilevanti. Non è burocrazia. È una condizione di mercato. Evidenze più chiare, comparabili e verificabili riducono l'incertezza. Meno incertezza significa rischio più leggibile, pricing più sostenibile e maggiore capacità assicurativa a supporto della scalabilità. Il tema ha anche una dimensione industriale. Se un Paese non costruisce condizioni per rendere assicurabili i servizi autonomi, non limita solo una tecnologia. Limita la capacità delle imprese di sperimentare, accumulare dati, sviluppare competenze e costruire modelli

operativi. Le imprese vengono così penalizzate due volte: non accedono tempestivamente all'innovazione e devono competere con operatori di Paesi in cui sperimentazione, regolazione e assicurabilità generano vantaggio competitivo.

Le azioni prioritarie sono chiare. Occorre definire requisiti minimi di evidenza per i progetti pilota: chilometri percorsi, condizioni operative, modalità autonoma attiva, interventi umani, anomalie, quasi incidenti, incidenti, aggiornamenti software, manutenzione e indicatori di sicurezza. Serve poi un protocollo condiviso per event logging e audit trail, coerente con le esigenze di operatori, assicuratori, autorità e gestori infrastrutturali. È inoltre necessaria una matrice delle responsabilità che chiarisca il ruolo di costruttore, fornitore software, operatore, gestore infrastrutturale, data provider e soggetto pubblico.

La sperimentazione deve avvenire in ambienti controllati, con rischio misurabile e progressivamente scalabile. Il mercato assicurativo deve essere coinvolto fin dalla progettazione dei servizi, non solo al momento della richiesta di copertura. In questa prospettiva, l'assicurazione non è un passaggio finale. È un indicatore di maturità del sistema.

Se un servizio autonomo è assicurabile, significa che il rischio è stato descritto, misurato, governato e reso trasferibile. Se non lo è, mancano ancora trasparenza, responsabilità, governance o affidabilità operativa. Innovare non significa ridurre le garanzie. Significa costruire le condizioni perché sicurezza, competitività e sviluppo industriale possano crescere insieme.

9. Etica, design responsabile e accettazione sociale

Il contributo etico ha permesso di evitare una semplificazione frequente: ridurre l'etica della guida autonoma ai dilemmi estremi, come le collisioni inevitabili. Quei dilemmi hanno valore teorico, ma non rappresentano il cuore operativo dell'adozione. Il vero tema è come incorporare valori morali e sociali nelle decisioni di design, nei requisiti tecnici, nella governance e nel deployment.

Il design responsabile richiede che sicurezza, autonomia individuale, inclusività, privacy e sostenibilità siano trattate come requisiti di progetto, non come messaggi comunicativi ex post. Una tecnologia può essere progettata per minimizzare il rischio, ma anche per essere comprensibile, accessibile, non discriminatoria, rispettosa dei dati personali e coerente con obiettivi di mobilità sostenibile.

La sicurezza è il valore più immediato. Ma non basta che il sistema sia sicuro in senso tecnico. Deve essere anche dimostrabile e comprensibile. La fiducia nasce quando utenti e stakeholder comprendono quali sono i limiti del sistema, cosa succede in caso di anomalia, chi interviene, quali dati vengono registrati e quali responsabilità sono attive.

La privacy e la cybersecurity sono valori etici e requisiti tecnici. Il veicolo connesso produce dati di localizzazione, comportamento, contesto, uso del servizio, interazioni e potenziali eventi sensibili. Questi dati possono essere necessari per sicurezza e assicurabilità, ma devono essere gestiti con proporzionalità, finalità chiara, minimizzazione, protezione e regole di accesso.

L'autonomia individuale riguarda il rapporto tra utente e sistema. Nei livelli intermedi di automazione, la comunicazione al conducente è un tema critico: troppe informazioni possono generare reazioni inappropriate, troppe poche possono creare opacità e impedire decisioni responsabili. Nel trasporto passeggeri, la questione diventa fiducia nel servizio e percezione di controllo.

L'inclusività riguarda il modo in cui i servizi autonomi possono servire persone oggi penalizzate dalla povertà di trasporto: anziani, persone con disabilità, periferie, aree a domanda debole, fasce orarie poco servite. Ma l'inclusività non è automatica. Dipende da accessibilità, tariffe, integrazione con il trasporto pubblico, interfacce utente, presenza di assistenza e scelte di pianificazione.

La sostenibilità è ambivalente. Il veicolo autonomo può migliorare efficienza, ridurre incidenti, ottimizzare flussi e supportare mobilità condivisa. Ma può anche aumentare chilometri percorsi a vuoto, rafforzare la dipendenza dall'auto privata e consumare spazio urbano. La questione etica coincide quindi con una scelta di modello: veicolo autonomo come nuova auto privata o veicolo autonomo come componente di mobilità collettiva, condivisa e integrata.

9.1 Accettazione sociale come risultato di progetto

L'accettazione sociale non nasce solo dalla comunicazione. Nasce prima, dal modo in cui il sistema viene progettato, regolato, controllato e reso trasparente. Una campagna informativa non può compensare un servizio opaco, un quadro di responsabilità incerto o una gestione debole dei dati.

Gli indicatori di accettazione devono misurare più dimensioni: fiducia, percezione di sicurezza, disponibilità all'uso, comprensione dei limiti, qualità dell'esperienza, accessibilità, equità territoriale, percezione di controllo, disponibilità a condividere dati, impatto sullo spazio urbano e relazione con il trasporto pubblico.

La legittimazione sociale richiede gradualità. I primi casi d'uso dovrebbero essere selezionati dove il beneficio è comprensibile e il rischio gestibile: ultimo miglio, servizi collettivi in sede protetta, aree controllate, servizi per utenti fragili, logistica in ambienti delimitati. La gradualità riduce il rischio percepito e aumenta apprendimento collettivo.

10. Casi reali: lezioni operative

I casi reali hanno confermato che la sperimentazione produce conoscenza soprattutto quando entra in processi concreti. Le tre esperienze discusse possono essere lette come tre prospettive complementari: modello di servizio, logistica industriale e infrastruttura.

10.1 Il veicolo autonomo come abilitatore di nuovi modelli di servizio in ambito logistica distributiva

In questo caso viene mostrata una logica di innovazione centrata sul modello di funzionamento. Il prototipo presentato, sviluppato in contesto privato e controllato, è stato concepito con un doppio orientamento: supporto alla logistica interna e servizio verso il cliente finale.

Per la logistica interna sono stati richiamati processi come il follow me dell'operatore di recapito, il refilling dinamico e l'intralogistica per il collegamento tra hub. L'idea è di supportare l'operatore aumentando capacità, efficienza e continuità del servizio nel segmento last mile, riducendo ritorni inutili all'hub e abilitando nuove modalità di supporto operativo. Sul fronte cliente, il veicolo può essere interpretato come un locker mobile, posizionabile in punti della città sulla base di dati storici e statistici, o come soluzione per la pianificazione di un delivery a richiesta in fasce orarie non compatibili con l'orario di lavoro degli operatori di recapito.

La lezione principale è che la guida autonoma non è vista come applicazione tecnologica autonoma, ma come abilitatore di nuovi modelli di servizio. La scalabilità richiede però passaggi progressivi: ovvero il collaudo parte prima da un ambiente simulato, poi controllato, in seguito verosimile e solo alla fine realistico. In ognuno di questi step occorre studiare corner case, affidabilità dell'algoritmo, interazione con pedoni, sensori, infrastrutture e altri veicoli.

Gli indicatori emersi sono rilevanti: affidabilità dell'algoritmo, sostenibilità economica del veicolo, capacità di operare anche con connettività non perfetta, accettazione interna ed esterna, soddisfazione dei clienti, tassi di default vicini allo zero nella fase finale di sperimentazione. È un'impostazione corretta perché lega tecnologia, servizio e metriche.

10.2 Azienda di autotrasporto e logistica: dalla tecnologia al sistema logistico

Il caso di un'azienda di autotrasporto e logistica ha evidenziato la differenza tra test tecnologico e servizio logistico. L'operatore ha partecipato a progetti europei e test su tratte internazionali e in ambiti urbani e autostradali, con l'obiettivo di comprendere quali segmenti possano essere automatizzati e quali condizioni infrastrutturali, operative e regolatorie siano necessarie.

Una evidenza concreta riguarda la segnaletica. Un veicolo può non interpretare segnali non conformi o incoerenti, anche se un conducente umano ne comprende il significato. Questo punto è importante perché sposta la responsabilità dalla sola intelligenza del veicolo alla qualità dell'ambiente stradale. La strada deve diventare leggibile anche per la macchina.

Nel test urbano è emerso il valore della città connessa: un pedone in angolo cieco può non essere visibile al conducente o al veicolo, ma può essere rilevato dal sistema digitale urbano e comunicato al mezzo. Questo è un esempio chiaro di infrastruttura cooperativa: il veicolo non opera solo con i propri sensori, ma con un ecosistema informativo distribuito.

La lezione industriale più forte riguarda la logistica. Un mezzo autonomo inserito in un hub non automatizzato rischia di non generare valore. L'automazione della tratta deve essere integrata con processi di primo e ultimo miglio, responsabilità del carrier, fatturazione, carico, scarico, gestione documentale e organizzazione della supply chain. Per questo la maturità del sistema logistico è il vero indicatore di scalabilità.

10.3 Gestore di infrastruttura autostradale: autorizzazioni e sperimentazione su strada

Il caso infrastrutturale ha reso evidente il peso della procedura autorizzativa. Il progetto ha riguardato la validazione di una navetta o veicolo autonomo in un contesto con tratto autostradale e tratto urbano, con sensori, attuatori, supercomputer, connettività e software per percezione, localizzazione, navigazione e pianificazione.

La fase più critica non è stata descritta come puramente tecnologica, ma amministrativa e regolatoria. Per sperimentare su strade pubbliche è necessario autorizzare soggetto, veicolo e tratta, coinvolgendo ente proprietario della strada, produttore del veicolo, Ministero e prescrizioni tecniche. Il safety driver o co-pilota resta un requisito rilevante e può diventare limite alla transizione verso modelli meno sperimentali.

Il punto operativo è netto: il gestore infrastrutturale non può limitarsi a essere manutentore dell'infrastruttura fisica. Può diventare facilitatore di innovazione, soprattutto nei sistemi di mobilità attorno alle città e nei corridoi. Questo richiede competenze digitali, procedure, dati, centri di controllo, capacità di autorizzare e gestire tratte sperimentali.

La lezione per la policy è altrettanto chiara: se la procedura diventa troppo lunga, incerta o frammentata, scoraggia sperimentazioni serie. La sicurezza non deve essere ridotta, ma il percorso deve diventare prevedibile, proporzionato, tracciabile e scalabile. Una sandbox regolatoria servirebbe proprio a questo: controllare meglio riducendo incertezza e tempi improduttivi.

11. Governance istituzionale e nodi regolatori

Il giro istituzionale ha confermato che la tecnologia corre più rapidamente dell'ambiente che dovrebbe accoglierla. La metafora più efficace è quella di una tecnologia pronta a muoversi dentro una culla che non esiste ancora. Il sistema regolatorio, contrattuale, infrastrutturale e amministrativo non è sempre configurato per accogliere innovazione operativa.

Nel trasporto collettivo è stato richiamato il peso dei contratti di servizio e la necessità di collocare l'automazione dentro un modello di mobilità collettiva e condivisa. Il veicolo autonomo può servire primo e ultimo miglio, porta a porta, collegamento con linee di forza e servizi flessibili. Ma senza un quadro regolatorio più aperto e senza sinergia tra enti regolatori, aziende, gestori, città e infrastrutture, l'applicazione resta difficile.

Nel trasporto passeggeri, la linea BRT e i contesti protetti sono stati indicati come ambiti realistici di prima applicazione. Il motivo è tecnico e organizzativo: sede riservata, interazioni più prevedibili, analogia con sistemi metropolitani già automatizzati, possibilità di inserimento graduale dentro servizi esistenti. L'autonomia completa in contesti misti resta più lontana.

Nel trasporto merci è emersa con forza la necessità di un tavolo tecnico sulla responsabilità civile e sulla distribuzione dei rischi. Le imprese di autotrasporto operano con margini limitati e non possono assumere rischi indefiniti. Se non è chiaro chi risponde tra vettore, committente, OEM, software provider, gestore infrastrutturale e autorità, l'investimento resta bloccato.

Dal punto di vista infrastrutturale è stata evidenziata la presenza di esperienze, progetti e iniziative, ma anche la difficoltà di coordinare ruoli e responsabilità. I concessionari e i gestori infrastrutturali possono essere piattaforme di sperimentazione e deployment, ma servono regole aggiornate, coerenza con cybersecurity, privacy, infrastrutture critiche, sistemi cooperativi e trasformazione digitale.

11.1 Nodo autorizzativo

Il nodo autorizzativo non va letto come fastidio burocratico generico. È un problema industriale. Tempi incerti, autorizzazioni multiple, assenza di sportello unico, ripetizione documentale, perimetri poco chiari e assenza di template standard aumentano il costo di apprendimento. Un'impresa può tollerare regole severe, se sono chiare. È l'incertezza a bloccare gli investimenti.

La risposta non deve essere semplificazione indiscriminata. Deve essere regolazione intelligente: procedure proporzionate al rischio, fast track per ambienti chiusi, iter standard per tratte pubbliche controllate, requisiti graduati per ODD, repository delle autorizzazioni, format per evidence package, ruoli definiti e tempi massimi.

12. La doppia penalizzazione delle imprese in contesti poco abilitanti

Il messaggio strategico della relazione è che la difficoltà di innovare non produce solo ritardo tecnologico. Produce doppia penalizzazione industriale.

La prima penalizzazione è interna. Le imprese non accedono tempestivamente a tecnologie, processi e competenze che possono migliorare sicurezza, efficienza, qualità del servizio, produttività e competitività. Non sviluppano personale, non raccolgono dati reali, non testano modelli di business, non imparano a dialogare con assicurazioni, infrastrutture e autorità.

La seconda penalizzazione è esterna. Le imprese di altri Paesi, sostenute da contesti più favorevoli alla sperimentazione, accumulano vantaggi: know-how operativo, dati, standard di fatto, relazioni con assicuratori, processi autorizzativi, capacità di scala, supply chain e reputazione tecnologica. Quando arrivano sul mercato, competono contro imprese italiane che non hanno potuto apprendere allo stesso ritmo.

Questo meccanismo è particolarmente pericoloso nei settori a forte apprendimento cumulativo. Il veicolo connesso e automatizzato non si sviluppa con un singolo salto. Si sviluppa con iterazioni, correzioni, dati, incidenti mancati, validazioni, aggiornamenti, procedure e casi reali. Chi non sperimenta non resta fermo al punto di partenza. Perde terreno ogni mese rispetto a chi sperimenta.

La conseguenza è che l'innovazione deve essere trattata come infrastruttura competitiva del Paese. Le regole non devono inseguire la tecnologia a distanza. Devono costruire spazi sicuri e trasparenti per provarla, misurarla, migliorarla e portarla a scala. La legalità e la sicurezza non sono alternative all'innovazione. Sono le condizioni per renderla industriale.

> Innovare non significa ridurre le garanzie. Significa creare condizioni verificabili perché imprese, infrastrutture, assicurazioni e istituzioni possano lavorare dentro un quadro serio, sicuro e trasparente. Il rischio da evitare è lasciare che la prudenza diventi immobilismo e che l'immobilismo diventi perdita di competitività.

13. Azioni prioritarie e roadmap di mitigazione

Le criticità emerse richiedono una risposta coordinata con azioni specifiche come segue:

1. Predisporre un template nazionale di evidence package per la sperimentazione: ODD, safety case, cybersecurity, dati, log, retention, manutenzione, supervisione, assicurazione, gestione incidenti.
2. Mappare gli ostacoli autorizzativi e produrre una checklist unica per soggetti che intendono sperimentare su strada pubblica.
3. Attivare una sandbox regolatoria per sperimentazioni controllate, con procedura proporzionata al rischio e tempi massimi di risposta.
4. Costruire un data space pilota per la mobilità automatizzata, con regole di accesso, qualità, sicurezza, interoperabilità e responsabilità sul dato.
5. Passare da piloti isolati a programmi di deployment limitato, con più veicoli, più condizioni operative e misurazione comparabile.
6. Armonizzare requisiti nazionali con corridoi europei e transfrontalieri, soprattutto per il trasporto merci.
7. Sviluppare competenze professionali: safety driver, remote supervisor, fleet operator, data steward, cybersecurity manager, claims specialist, tecnico di manutenzione per sistemi automatizzati.
8. Valutare modifiche normative necessarie per servizi senza safety driver a bordo in ODD limitati e con supervisione tecnica adeguata.

13.1 Misure di mitigazione per problema

Problema	Azione di mitigazione
Iter autorizzativo lento	Sportello unico, checklist standard, tempi massimi, sandbox e requisiti graduati per rischio.
Responsabilità incerta	Matrice di responsabilità, contratti tipo, protocollo sinistri, coinvolgimento assicurativo ex ante.
Dati non interoperabili	Data space, standard semantici, catalogo dati, API, regole di qualità e provenienza.
Assicurabilità debole	Evidence package, log standardizzati, performance metrics, incident reconstruction, retention policy.
Cybersecurity e manipolazione dati	CSMS, SUMS, test periodici, monitoraggio, cifratura, autenticazione, incident response.
Infrastruttura non leggibile	Smart road readiness assessment, segnaletica conforme, mappe HD, centri di controllo, V2X.
Accettazione sociale bassa	Design responsabile, comunicazione sui limiti, coinvolgimento utenti, KPI di fiducia e accessibilità.
Business case incerto	Use case ad alto valore, cost sharing, fondi pilota, metriche economiche, integrazione operativa.
Rischio di lock-in estero	Testbed nazionali, partecipazione a corridoi europei, standard aperti, co-creazione con operatori.

14. Conclusioni

Il veicolo connesso e automatizzato è una delle prove più concrete della capacità di un sistema-Paese di governare l'innovazione. La tecnologia avanza, ma l'innovazione utile nasce quando tecnologia, regole, dati, infrastrutture, responsabilità, assicurazioni, operatori e cittadini sono messi nelle condizioni di lavorare insieme.

Il messaggio emerso è forte: la sperimentazione non deve restare un esercizio dimostrativo. Deve diventare strumento di apprendimento industriale. Ogni pilota deve produrre evidenze, dati, standard, procedure, KPI, valutazioni assicurative, metriche sociali e indicazioni di replicabilità. Solo così il passaggio dalla sperimentazione alla scala diventa credibile.

Il valore per i passeggeri è legato a servizi più accessibili, flessibili, sicuri e integrati, soprattutto in contesti protetti, ultimo miglio, BRT, nodi intermodali e aree a domanda debole. Il valore per le merci è legato a intralogistica, corridoi, hub, continuità operativa, automazione di processi e maggiore efficienza della supply chain. In entrambi i casi, il veicolo da solo non basta.

Il nodo dei dati è il più trasversale. Senza dati affidabili, aggiornati, interoperabili, certificabili e sicuri non si costruiscono sicurezza, responsabilità, assicurabilità e fiducia. Il dato è infrastruttura. Come ogni infrastruttura, deve avere standard, governance, manutenzione, responsabilità e protezione.

Il nodo assicurativo è altrettanto decisivo. La mobilità autonoma può essere assicurata, ma richiede prevedibilità, misurabilità, attribuzione, responsabilità operativa e scalabilità dimostrabile. Gli event log diventano il nuovo testimone. L'evidenza operativa standardizzata diventa la condizione per ridurre incertezza e rendere sostenibile la capacità assicurativa.

Il nodo etico e sociale non è accessorio. Una tecnologia possibile e assicurabile non è automaticamente desiderabile. Il design responsabile deve incorporare sicurezza, privacy, inclusività, autonomia individuale e sostenibilità. L'accettazione sociale non è marketing. È esito di progetto, governance e trasparenza.

L'Italia deve evitare la doppia penalizzazione delle proprie imprese. Non accedere tempestivamente all'innovazione significa perdere efficienza, sicurezza, competenze e competitività. Lasciare che altri Paesi sperimentino più rapidamente significa trovarsi a competere con imprese che hanno già trasformato dati e sperimentazioni in vantaggio industriale. Questo non è un rischio teorico. È la dinamica ordinaria delle tecnologie a forte apprendimento cumulativo.

La risposta non è abbassare le garanzie. È costruire una regolazione capace di sperimentare in sicurezza. Servono sandbox, testbed, corridoi pilota, standard di evidenza, data space, matrice delle responsabilità, procedure autorizzative chiare, finanziamenti per piloti replicabili e governance unitaria. Solo così l'innovazione diventa fattore di competitività, non motivo di esposizione al rischio.

15. Riferimenti bibliografici

I riferimenti seguenti sono indicati come base tecnica e normativa di inquadramento. La relazione resta una sintesi tecnico-strategica e non costituisce parere legale.

- Webinar tecnico “Veicolo autonomo merci e passeggeri”, 8 giugno 2026.
- SAE International, J3016, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.
- UNECE, UN Regulation No. 157, Automated Lane Keeping Systems.
- UNECE, UN Regulation No. 155, Cyber security and cyber security management system.
- UNECE, UN Regulation No. 156, Software update and software update management system.
- Regulation (EU) 2018/858 on approval and market surveillance of motor vehicles and their trailers.
- Regulation (EU) 2019/2144 on type-approval requirements for general safety and protection of vehicle occupants and vulnerable road users.
- Regulation (EU) 2024/1689, Artificial Intelligence Act.
- Directive (EU) 2023/2661 amending Directive 2010/40/EU on intelligent transport systems.
- European Commission Expert Group, Ethics of Connected and Automated Vehicles, 2020.
- Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 28 febbraio 2018, Modalità attuative e strumenti operativi della sperimentazione su strada delle soluzioni di Smart Road e di guida connessa e automatica.
- ISO 26262, Road vehicles, Functional safety.
- ISO/SAE 21434, Road vehicles, Cybersecurity engineering.
- ISO 24089, Road vehicles, Software update engineering.
- Regulation (EU) 2023/2854, Data Act.
- Regulation (EU) 2022/868, Data Governance Act.

Allegato A. Cruscotto sintetico per decision maker

Il veicolo connesso e automatizzato deve essere valutato su cinque domande decisive.

- Prima domanda: in quale dominio operativo può funzionare in modo sicuro e ripetibile? Senza ODD non esiste valutazione seria della scalabilità.
- Seconda domanda: quali dati servono e chi ne risponde? Senza data governance non esistono responsabilità e assicurabilità robuste.
- Terza domanda: chi è responsabile in caso di errore, incidente, malfunzionamento, aggiornamento o dato errato? Senza matrice delle responsabilità il mercato resta bloccato.
- Quarta domanda: quali evidenze servono per assicurare il servizio? Senza log, audit trail e reporting operativo non si riduce l'incertezza.
- Quinta domanda: il servizio produce valore reale per utenti, imprese e territorio? Senza business case e accettazione sociale, l'automazione resta demo.

Allegato B. Formulazione del messaggio per gli stakeholder

Il veicolo connesso e automatizzato è una prova concreta della capacità di un Paese di governare l'innovazione. Se sperimentare diventa difficile, le imprese sono penalizzate due volte: non accedono tempestivamente a tecnologie che possono migliorare sicurezza, efficienza e competitività; e devono competere con aziende di Paesi che quelle tecnologie le sperimentano, le regolano e le trasformano in vantaggio industriale. Innovare non significa ridurre le garanzie. Significa creare condizioni serie, sicure e trasparenti per permettere alle imprese di competere, investire e crescere.