TRUST – TRUcking SmarTer

TRUST ha realizzato e sperimentato su dati reali una piattaforma cloud che collega in un unico hub digitale aziende di autotrasporto, sistemi di tracciamento satellitare evoluto e nodi logistici portuali. Oltre allo scambio automatico di viaggi, ETA ed eventi di gate, la piattaforma aggiunge servizi basati su AI: estrazione dati dai documenti di trasporto, previsione dei tempi di attesa ai terminal e matrici Origine/Destinazione dei flussi.

Contesto e obiettivi

Autotrasporto, terminal intermodali, depositi e fornitori di servizi di tracciamento interagiscono ogni giorno, ma su canali separati, spesso con data entry manuale e senza una soluzione dedicata all'integrazione. Ne derivano inefficienze ai varchi, scarsa visibilità sui mezzi in arrivo e un impatto rilevante sul territorio attorno ai porti.

TRUST, finanziato dal PR FESR Liguria 2021–2027 nell'ambito del Polo T.R.A.N.S.I.T., ha perseguito tre obiettivi:

- **Interoperabilità**: API standard (REST/JSON, OpenAPI) per scambiare viaggi, documenti ed eventi tra tutti gli attori tramite un unico punto di accesso.
- **Monitoraggio evoluto**: integrare dispositivi di bordo (localizzazione, sigillo elettronico, sensori di carico) per sicurezza e tracciabilità, anche per merci pericolose.
- **Valore dai dati**: applicare Machine Learning e AI ai dati conferiti per stimare tempi, prevedere congestioni e produrre statistiche utili a operatori ed enti.

Il partenariato riunisce Click & Find (capofila, tracciamento e monitoraggio), Università di Genova – CIPI (ricerca su piattaforme e Data Science), TUIT (piattaforma di integrazione), LeoLabs (sviluppo e integrazione), Tarros (operatore logistico e sperimentazione) e Circle (sistemi per i nodi portuali).

La piattaforma di integrazione

La piattaforma è realizzata a microservizi in container, installabile on-premises o in cloud, con un unico punto di accesso sicuro per tutti gli attori. Raccoglie in un modello dati comune viaggi pianificati, documenti, dati di tracciamento ed eventi dei terminal, li inoltra ai sistemi interessati e li rende disponibili ai servizi di analisi e previsione.

Componenti **adapter** dedicati permettono di collegare nuovi sistemi di tracciamento o terminal senza modificare il resto della piattaforma.

Il servizio accompagna l'intero ciclo del trasporto (figura 1): **pre-trip** (viaggio e documenti), **on-trip** (posizione, ETA, stato del sigillo, eventi di carico/scarico e di gate) e **post-trip** (analisi e previsioni sul data lake).

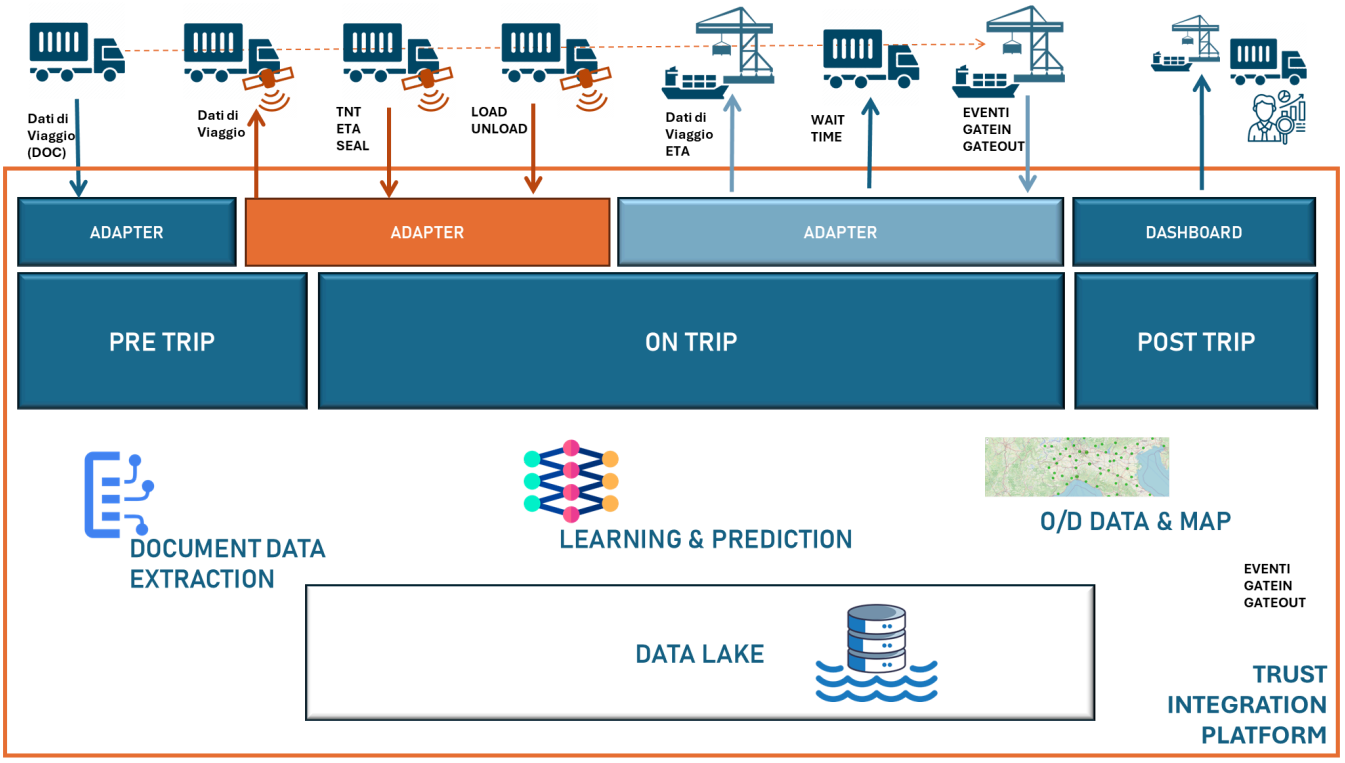


Figura 1 – Ruolo della piattaforma TRUST nelle fasi del trasporto e servizi a valore aggiunto.

I sistemi integrati

Monitoraggio delle operazioni di trasporto. Sul semirimorchio è installata una cassetta protetta con localizzatore, scheda del sigillo e sensore di carico. La piattaforma riceve in tempo reale posizione, ETA, eventi di carico/scarico e stato del sigillo; in senso inverso invia al sistema di tracciamento i dati del viaggio, migliorandone l'accuratezza.

Il sigillo elettronico in fibra ottica. A container carico, l'operatore fa passare la fibra nell'occhiello di chiusura delle porte e la reinserisce nella cassetta, chiudendo il circuito (figura 2). Il localizzatore controlla di continuo il segnale: se la fibra viene aperta o manomessa, il segnale non passa più anche richiudendola, quindi l'apertura resta registrata in modo irreversibile e viene segnalata come possibile accesso non autorizzato. Un container carico ma non sigillato attiva un avvisatore acustico. Il sigillo si apre solo a destinazione e si ripristina con un'apposita chiave, seguendo la sequenza indicata sul dispositivo. In validazione il sistema ha rilevato in modo affidabile le interruzioni del circuito e le aperture durante il viaggio, con tolleranze in linea con gli standard del settore.



Figura 2 – Container sigillato con la fibra ottica (a sinistra) e dispositivo di ripristino del sigillo (a destra).

Integrazione terminal–autotrasporto. Il modulo, parte dell'ecosistema del Port Community System, riceve dalla piattaforma i preavvisi di arrivo prima della partenza e gli aggiornamenti di ETA durante il viaggio. Restituisce l'esito autorizzativo della missione e gli eventi di ingresso e uscita (GATE_IN, GATE_OUT). Un modulo di ottimizzazione supporta la pianificazione degli slot di ingresso.

Servizi basati su AI

- **Estrazione dati dai documenti.** Le lettere di vettura arrivano spesso come PDF o scansioni. Un estrattore di Google Document AI, specializzato con fine-tuning su documenti reali, ne ricava origine, destinazione e targa, senza modifiche ai gestionali.
- **Previsione dei tempi di attesa e del traffico.** Dagli eventi GATE_IN/GATE_OUT la piattaforma calcola i tempi di permanenza al terminal e il numero di viaggi conclusi ogni 15 minuti. Una rete neurale ricorrente BLSTM, addestrata su due anni di dati dei terminal, prevede entrambe le grandezze per l'ora successiva a partire dalle ultime 4 ore (figura 3).
- **Matrici Origine/Destinazione.** Gli indirizzi estratti, aggregati per CAP, producono la mappa dei viaggi in export e import da e verso il nodo (figura 4), utile anche a enti e pianificatori.

Sperimentazione e risultati

La sperimentazione si è svolta in contesto operativo reale, con dati di viaggio e un mezzo monitorato messi a disposizione da un operatore dell'autotrasporto, su missioni verso i terminal dei porti liguri. Lo scenario ha coperto l'intero ciclo: invio del viaggio e della lettera di vettura dal gestionale, con estrazione AI dei dati; inoltro al tracciamento e preavviso al terminal; posizione, ETA e stato del sigillo durante il viaggio, con ETA girata al terminal; autorizzazione ed eventi di gate di ritorno all'operatore, insieme alla stima dei tempi di attesa; infine statistiche e matrici O/D a viaggio concluso.

Gli esiti principali:

- **Interoperabilità verificata end-to-end** tra gestionale, piattaforma, tracciamento e sistema del terminal, con continuità dello scambio dati dalla pianificazione alla chiusura della missione.
- **Previsioni operative** a un'ora di traffico e tempi di attesa per area del terminal, con un margine di errore di circa ±0,8 viaggi sul traffico.

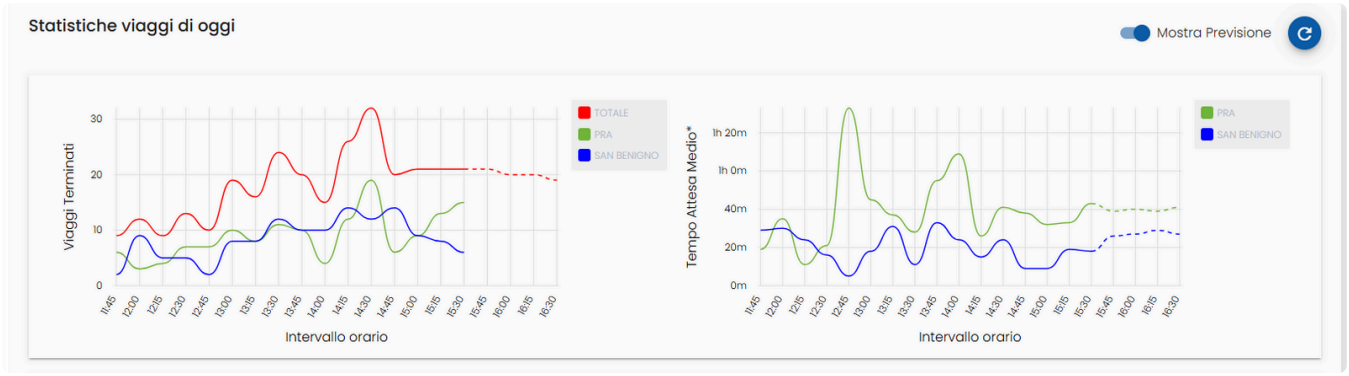


Figura 3 – Viaggi conclusi e tempi medi di attesa per area del terminal, con previsione a un'ora (tratteggio).



Figura 4 – Matrice Origine/Destinazione dei viaggi del nodo logistico, aggregata per CAP (export e import).

Ricadute e prospettive

Per le **aziende di autotrasporto** TRUST sostituisce molti canali e operazioni di data entry con un unico hub, e aggiunge servizi di tracciamento evoluto e stime dei tempi di attesa. Per i **terminal** offre preavvisi strutturati e ETA aggiornate da un solo canale, base per pianificare varchi e risorse. I **fornitori di tracciamento** estendono i propri servizi in un'ottica di filiera, secondo il paradigma Vehicle-to-Infrastructure. Per la **ricerca** il progetto ha validato tecniche di Data Science e deep learning su un caso industriale reale.

Nel complesso, una comunicazione digitale più fluida tra mezzi e nodi logistici riduce attese e code ai varchi, con benefici su emissioni e impatto del traffico pesante sul territorio. La piattaforma containerizzata e basata su adapter è pronta per essere estesa ad altri terminal, depositi e fornitori di tracciamento, e le matrici O/D costituiscono un patrimonio informativo per la pianificazione pubblica.