Interreg
MARITTIMO–IT FR–MARITIME
Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TRIPLO PLUS

Catalogo delle buone pratiche dei sistemi ITS per la portualità e la logistica europei

Prodotto T.3.2.1

La cooperazione al cuore del Mediterraneo
La Coopération au coeur de la Méditerranée

PROVINCIA di Lucca
CONFINDUSTRIA Centro Nord Sardegna
CCI VAR
LUCENSE

Indice

Acronimi
Premessa
PARTE I
1. Monitoraggio ambientale
1.1 Traffico e incidenti
1.2 Traffico portuale terrestre
1.3 Condizioni meteo e qualità dell'aria
2. Canali comunicativi
2.1 Canale visivo
2.2 Canale verbale
2.3 Canale digitale
3. Infrastrutture dati
3.1 Centralizzazione
3.2 Integrazione
3.3 Previsione e prescrizione
4. Installazioni su strada
4.1 Incremento della sicurezza
4.2 Riduzione del rumore
PARTE 2
5. A4 Mobility: Innovazione e Sostenibilità nell'Infomobility
5.1 Centrale Operativa Viabilità
5.3 Sostenibilità e riduzione del rumore
5.4 L'evoluzione dell'architettura software: da sistema monolitico ai microservizi
5.5 Progetti specifici: Porto di Livorno
6. Il caso della Magyar Közút Nonprofit Zrt
6.1 Progetto pilota per il monitoraggio del rumore
7. Il caso dei porti di Venezia e Chioggia
7.1 Progetto INTESA
7.2 Progetti per la sostenibilità ambientale
8. Il caso della A22 Autostrada del Brennero
8.1 Tecnologie per il monitoraggio
8.2 Progetti in ambito C-ITS
8.3 Altri progetti
8.4 Interventi sul rumore e sulla qualità dell'aria
PARTE 3
9 Sintesi delle buone pratiche
9.1. Infrastrutture stradali
9.2 Gestione del traffico
9.3 Infrastruttura dati
9.4 Infrastruttura informatica

Acronimi

ABGS	Automated Barrier Gate System
AI	Artificial Intelligence
AIS	Automatic Identification System
AtoN	Aid to Navigation
C-ITS	Cooperative-ITS
DATEX	Data Exchange for Traffic Information
ESG	Environmental, Social and Governance
FL&S	Freight & Logistics Services
IP	Internet Protocol
IPS	Intelligent Parking System
ITS	Intelligent Transportation System
LED	Light-Emitting Diode
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
NAP	National Access Point
PCS	Port Community System
PPU	Pilot Portable Unit
PVD	Probe Vehicle Data
RFID	Radio Frequency Identification
TMS	Traffic Management Services
TTIS	Traffic and Travel Information Services
TVCC	Televisione a circuito chiuso
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2V	Vehicle-to-Vehicle
V2X	Vehicle-to-everything

Premessa

Un Intelligent Transportation System (ITS), è un insieme di tecnologie e applicazioni progettate per migliorare l'efficienza, la sicurezza e la sostenibilità dei sistemi di trasporto e della mobilità. Lo sviluppo di ITS comporta l'implementazione di diverse buone pratiche per garantire il loro corretto funzionamento e migliorare l'efficienza e la sicurezza del sistema.

Nel presente documento sono riassunte le buone pratiche per la progettazione e la messa in opera di ITS in ambito portuale, con particolare attenzione ai flussi da e per i poli logistici in prossimità di tali aree. Le buone pratiche descritte sono emerse a seguito di un'analisi dei principi che hanno guidato la redazione delle normative comunitarie in materia, dello stato dell'arte delle soluzioni a disposizione a livello europeo (in produzione o implementate a livello sperimentale), e dei risultati emersi a conclusione di progetti che hanno visto la strutturazione di specifici corridoi per il trasporto delle merci. Al fine di entrare maggiormente nel dettaglio degli aspetti tecnologici delle soluzioni, sono state realizzate alcune interviste a stakeholder e a rappresentanti di aziende che hanno operato come partner tecnologici in progetti di realizzazione dei sopra citati corridoi.

Prima di entrare nel merito delle prassi concernenti l'implementazione dei sistemi, è necessario soffermarsi su alcuni prerequisiti di processo che sono emersi nell'analisi di letteratura e nella realizzazione delle interviste. Si tratta di aspetti generali che dovrebbero essere inclusi *by design* in un progetto, che svolgono un ruolo determinante nel successo di un'infrastruttura tecnologica come quelle dedicate ai trasporti.
In primo luogo, risulta di vitale importanza il coinvolgimento degli **stakeholder** nella definizione dei requisiti di sistema, così da comprendere le esigenze degli utenti e gli obiettivi delle sfide operative. In secondo luogo, la progettazione dovrebbe essere **modulare e scalabile**, al fine di agevolare futuri aggiornamenti e integrazioni. Ciò consentirà di adattare il sistema alle mutevoli esigenze e di evitare costi eccessivi nel lungo periodo. Infine, sempre sul lungo periodo, risultano critiche le attività di **monitoraggio e manutenzione** dei sistemi, così da garantire il corretto funzionamento dei moduli e l'individuazione tempestiva di eventuali problemi.

Nella prima parte del presente documento, le buone pratiche emerse da un'analisi della letteratura sono state raccolte in quattro sezioni tematiche che accomunano le componenti di un ITS portuale. Il punto di partenza è rappresentato da tutti quei componenti deputati al **monitoraggio** di quanto avviene sulle rotte percorse dai mezzi, nelle aree di parcheggio e relativamente alle condizioni climatiche. Il monitoraggio è un'operazione necessaria per una successiva messa in campo di azioni di ottimizzazione dei processi, e queste azioni passano per la **comunicazione** di informazioni ai trasportatori sia sotto forma di segnali visivi, verbali, e attraverso protocolli di tipo digitale. Tutto questo processo richiede un'**infrastruttura** dati che sia centralizzata, che integri e metta in connessione diverse componenti, e che possa essere sfruttata per realizzare proiezioni e fare previsioni a supporto di azioni tempestive. Conclude il discorso una sezione dedicata ad alcune **installazioni** su strada deputate al miglioramento della sicurezza e alla riduzione del rumore.

Nella seconda parte vengono presentate le buone pratiche emerse a seguito di interviste mirate, focalizzandosi sugli aspetti inerenti le infrastrutture digitali e le loro soluzioni implementative adottate all'interno di progetti per lo sviluppo dei corridoi europei.

PARTE I

Componenti ITS di particolare rilevanza per la portualità e i poli logistici collegati

1. Monitoraggio ambientale

Un ITS deve potersi avvalere di una rete di rilevamento multimodale per poter alimentare dei servizi di informazione sul traffico e sulla mobilità (Traffic and Travel Information Services, TTIS), di gestione del traffico (Traffic Management Services, TMS) e di trasporto e logistica (Freight & Logistics Services, FL&S). Instradare correttamente i viaggiatori e metterli nelle migliori condizioni decisionali è un nodo fondamentale nell'ottica di efficientazione dei trasporti. I viaggiatori necessitano di informazioni tempestive, accurate e di immediata comprensione relativamente alle condizioni della strada, per poter prendere decisioni ottimali, che li porteranno in sicurezza e il più rapidamente possibile a destinazione nei poli logistici. A tal proposito, le informazioni ambientali particolarmente rilevanti per il viaggiatore che è necessario monitorare sono tre: le condizioni del traffico lungo il percorso, la disponibilità di parcheggi a destinazione, le condizioni climatiche della tratta. Affinché il viaggiatore possa essere informato, tali condizioni dovrebbero essere costantemente monitorate.

1.1 Traffico e incidenti

L'ammontare di veicoli in transito su un tratto stradale è certamente una delle informazioni più importanti da monitorare, in quanto permette di operare su l'instradamento dei veicoli per limitare le congestioni.

Tale informazione può essere rilevata basandosi su soluzioni differenti. La scelta di una soluzione dovrebbe tenere in considerazione, oltre che i vincoli economici e infrastrutturali, anche quelli tecnologici della specifica soluzione. Per esempio, le prestazioni di alcuni sistemi di monitoraggio non sono eccellenti in condizioni di pioggia o nebbia, oppure quando i veicoli sono accodati a causa di un ingorgo (che rende difficoltosa la segregazione fra mezzi differenti), oppure *by design* non sono proprio in grado di captare determinate tipologie di informazione. È anche per queste ragioni che il panorama "implementativo" delle soluzioni sensoristiche appare eterogeneo.

1.1.1 Sensoristica stradale

Di seguito sono descritte le tecnologie adottate a livello europeo e indicate nelle linee guida per la messa in opera di un ITS prodotte dalla European ITS Platform[1]. Una cosa importante da considerare è che esse trovano applicazione non solo nel monitoraggio dei flussi di traffico, ma anche nella rilevazione di incidenti.

Circuiti induttivi. Si tratta di installazioni all'interno del pavimento stradale, costituite da un filo metallico attraverso il quale viene indotta una corrente elettrica, che attraverso delle spire induttive permette di rilevare il passaggio di oggetti metallici, quali sono i veicoli.

Sensori magnetici. I sensori magnetici sono in grado di individuare minuscole variazioni nel campo magnetico provocate dal passaggio dei veicoli. Quando non è presente alcun veicolo intorno al sensore, il sensore produrrà una misura che funge da baseline. Quando un veicolo perturba il campo magnetico, il sensore emetterà un segnale derivato dall'integrazione della baseline con il valore di disturbo; tale segnale, amplificato e digitalizzato, viene elaborato per ottenere l'informazione sul transito.

Sistemi radar. I sistemi radar per il rilevamento del traffico possono essere basati sia su tecnologia laser, sia a microonde. Il radar laser (detto anche LIDAR) emette un breve impulso di luce laser e misura il tempo che esso impiega per tornare dopo essere stato riflesso da un oggetto, calcolando così la distanza e la velocità di un veicolo. Il radar a microonde, invece, emette onde radio ad alta frequenza e rileva le onde riflesse dagli oggetti circostanti; analizzando il cambiamento di frequenza e ritardo nel segnale riflesso, il sistema può determinare la distanza, la velocità e, in alcuni casi, anche la direzione del movimento degli oggetti. Il radar laser offre una maggiore precisione nella misurazione della distanza e della velocità, ma può essere influenzato da ostacoli come avverse condizioni meteorologiche (pioggia, nebbia). Il radar a microonde è meno influenzato dai fattori ambientali, ma potrebbe avere una precisione inferiore.

[1] European ITS Platform (2021). *Reference handbook for harmonised ITS core service deployment in Europe*. URL http://www.itsreferencehandbook.eu/

Sensori a infrarossi. I sistemi a infrarossi possono essere suddivisi in due categorie principali: attivi e sistemi passivi. I sistemi **attivi** utilizzano una sorgente di luce infrarossa emessa dal sensore stesso, che può essere riflessa dagli oggetti presenti nell'area monitorata, come possono essere i veicoli. Il sensore rileva la luce riflessa e analizza i cambiamenti di intensità o ritardi nel tempo di riflessione per determinare la presenza e i movimenti degli oggetti captati. I sistemi **passivi** sono invece basati sulle variazioni di temperatura e rilevano le radiazioni infrarosse naturali emesse dagli oggetti sulla base del loro calore. Questi sistemi non richiedono una sorgente di luce infrarossa attiva, ma dipendono solo dalla radiazione termica emessa dagli oggetti rilevati. I sistemi passivi, per quanto risultino meno precisi nella determinazione delle dimensioni degli oggetti rilevati, sono meno influenzati da fattori climatici, e sono fra quelli annoverati fra quelli più utilizzati dalla European ITS Platform.

Sensori ultrasonici. I sensori ultrasonici sono dispositivi che emettono impulsi ultrasonici e misurano il tempo impiegato dal segnale per tornare alla sorgente dopo essere stato riflesso da un oggetto come può essere un veicolo. Utilizzando questa informazione temporale, il sensore può calcolare la distanza tra il sensore e l'oggetto rilevato e determinare la velocità e la direzione di movimento dei veicoli. Questa tecnologia può operare efficacemente anche in caso di condizioni atmosferiche avverse, ma possono essere influenzati dalla presenza di ostacoli che possono deviare o assorbire gli ultrasuoni, come grandi veicoli o alberi. Inoltre, la precisione delle misurazioni può diminuire con la distanza.

Rilevatori acustici e fotocamere. Esistono dei sistemi per il monitoraggio del traffico basati sull'analisi di segnali acustici e di immagini. Questi sistemi sono basati su tecniche di elaborazione del segnale per ottenere informazioni sul traffico stradale. Per quanto riguarda il monitoraggio **acustico**, dei microfoni possono essere usati per rilevare i livelli di rumore prodotti dal traffico stradale; algoritmi specifici possono essere applicati per identificare il passaggio di veicoli. Gli algoritmi possono essere addestrati anche per rilevare suoni caratteristici come il rumore di frenate o di collisione fra veicoli, fornendo un supporto nella tempestiva identificazione degli incidenti. I sistemi di monitoraggio del traffico basati su **immagini** utilizzano fotocamere o telecamere per acquisire immagini della carreggiata. Attraverso l'elaborazione delle immagini e l'applicazione di algoritmi di computer vision, i sistemi possono rilevare veicoli, calcolare il loro numero, la velocità, la direzione di viaggio e classificarli per tipologia. Anche questi sistemi possono anche essere in grado di rilevare eventi come incidenti stradali o violazioni del codice stradale. Entrambi i sistemi, basati sull'analisi acustica e sull'analisi delle immagini, offrono vantaggi specifici. Il monitoraggio acustico del traffico può essere utile in situazioni in cui le telecamere potrebbero essere limitate o inefficienti, come in condizioni di scarsa illuminazione. Di converso, il monitoraggio basato su immagini offre informazioni più dettagliate sui veicoli e può essere integrato con sistemi di riconoscimento della targa per il controllo automatico dell'accesso o il monitoraggio del rispetto del codice della strada.

1.1.2 Televisione a circuito chiuso

Una tecnologia che trova grande applicazione in tutto il territorio europeo è la **televisione a circuito chiuso** (TVCC). Installate in punti strategici lungo le strade, intersezioni o in altri luoghi di interesse per il traffico, le telecamere TVCC possono fornire una vista dal vivo aree nevralgiche. Se la sensoristica descritta nella sezione precedente produce dati che necessitano generalmente di un intermediario software per essere convertiti in informazione, la TVCC produce informazioni immediatamente fruibili da un operatore umano. Esse possono essere integrate con algoritmi di classificazione basati su tecniche di computer vision (c.f.r. sezione 1.1.1), realizzando così un sistema integrato e di collaborazione virtuosa fra agenti artificiali e operatori umani. Inoltre, in caso di incidenti e di violazioni del codice della strada, le registrazioni delle telecamere TVCC permettono analisi post-evento: le immagini possono fornire prove visive e dettagliate che possono essere utilizzate nella valutazione dei eventi di interesse.

1.1.3 Sonda dati veicolo

Informazioni sullo stato del traffico possono essere ottenute anche attraverso la tecnologia Sonda Dati Veicolo (Probe Vehicle Data, PVD). Un PVD è un dispositivo installato sui veicoli in circolazione – auto private, autobus o camion – che raccoglie e trasmette informazioni sulle caratteristiche del traffico stradale mentre i veicoli si spostano lungo le strade. I dati raccolti riguardano generalmente la posizione del veicolo e alcune metriche relative al movimento (es. velocità, accelerazione). Questi dati vengono inviati a un elaboratore centrale che riceve input da più veicoli e permette di dedurre le informazioni sui tempi di percorrenza.

1.2 Traffico portuale terrestre

Nelle aree portuali le esigenze di monitoraggio sono a supporto essenzialmente di due obiettivi generali: 1) riconoscere i veicoli in ingresso e in uscita, 2) fornire ai trasportatori informazioni circa la disponibilità di parcheggio. Si tratta di funzionalità tipiche dei sistemi ABGS (Automated Barrier Gate System) e dei sistemi di parcheggio intelligente (normati dal regolamento delegato 2013/885, che integra la direttiva 2010/40/UE).

Un ITS per la gestione delle aree portuali dovrebbe dunque essere dotato di sistemi deputati a:

- identificare i veicoli che richiedono l'accesso o che escono dall'area;
- rilevare la presenza di veicoli nei parcheggi per conteggiare le posizioni libere e instradare i conducenti verso le aree con disponibilità;
- monitorare le aree di sosta per garantire sicurezza.

L'**identificazione dei veicoli** può essere effettuata sia attraverso dispositivi di identificazione a radiofrequenza (RFID) o di lettura di codici a barre, sia attraverso sistemi automatici di lettura dei caratteri per l'identificazione delle targhe, basati su algoritmi di computer vision che elaborano i frame visivi forniti da fotocamere poste in corrispondenza dei varchi.

La localizzazione dei **parcheggi liberi** richiede l'utilizzo di sensori capaci di rilevare la presenza di veicoli e le tecnologie già descritte nella precedente sezione 1.1.1 trovano qui nuova applicazione.

Anche nelle aree portuali trova grande applicazione l'uso di TVCC per la **videosorveglianza** degli spazi.

1.3 Condizioni meteo e qualità dell'aria

Il monitoraggio e la previsione delle condizioni meteorologiche è fondamentale per anticipare situazioni avverse e garantire la sicurezza dei trasportatori. L'ecosistema di sensori a cui si affida un ITS dovrebbe quindi includere anche rilevatori specifici per le condizioni meteo, quali:

- temperatura e umidità dell'aria;
- pressione atmosferica
- velocità e direzione del vento;
- quantità di pioggia caduta;
- condizioni del manto stradale (acqua, ghiaccio);
- condizioni di visibilità.

Il pacchetto informativo dovrebbe essere completato da sensori specifici per il monitoraggio della qualità dell'aria, per ottenere informazioni sulla concentrazione di inquinanti come:

- particolato sottile;
- ossidi di azoto;
- monossido di carbonio;
- composti organici volatili;
- ozono.

Grazie all'applicazione di algoritmi predittivi (c.f.r sezione 3.3) l'analisi dei dati prodotti dalle stazioni disposte lungo la strada permette di agire tempestivamente per mettere in sicurezza le strade in caso di eventi avversi e di informare le amministrazioni locali qualora i livelli di emissioni dovessero superano i limiti consentiti.

2. Canali comunicativi

In quanto utenti della strada, i trasportatori hanno bisogno di informazioni di viaggio accurate, integrate e complete, così da essere in grado di rispondere agli imprevisti che potrebbero verificarsi. I servizi ITS dovrebbero essere dotati di appositi strumenti orientati a rendere gli utenti della strada dei decisori consapevoli, che possono modificare il proprio comportamento per aumentare la sicurezza, migliorare l'efficienza della rete stradale, ridurre l'impatto ambientale del traffico. I dati raccolti attraverso le pratiche di monitoraggio, dunque, devono essere incanalate in appositi componenti come i sistemi informativi sul traffico (TTIS) e di gestione della mobilità (TMS). Lo spettro informativo copre diverse aree, che possono essere divise in due macro categorie: condizioni del **traffico** lungo il percorso (includono sia avvisi in tempo reale, sia indicazioni a livello predittivo), informazioni di **viaggio** (riguardano lo stato del sistema di trasporto e sono orientate a fornire all'utente elementi per pianificare un viaggio o decidere in itinere i percorsi da seguire). Le informazioni possono essere veicolate all'utente seguendo diversi canali, che in questa sezione vengono approfonditi.

2.1 Canale visivo

Gran parte delle informazioni che vengono trasmesse ai trasportatori passano per il canale visivo. Le informazioni estratte dalle attività di monitoraggio, data la loro natura dinamica, richiedono una segnaletica capace di adattarsi ai messaggi da veicolare e per questo motivo sono imposti i **pannelli a messaggio variabile**. Si tratta di pannelli dotati display LED posizionati sopra la carreggiata o ai bordi della strada che possono fornire informazioni in tempo reale su diverse tematiche, come ad esempio:

- avvisi sul traffico (es. rallentamenti, incidenti, lavori in corso);
- indicazioni stradali (es. segnalazione di uscite, deviazioni);
- avvisi di sicurezza (es. presenza di operai, condizioni meteorologiche avverse);
- norme di comportamento da tenere alla guida (es. limiti di velocità, indicazioni di prudenza).

Questa tecnologia è stata implementata in diversi corridoi a livello europeo nei sistemi di gestione del traffico che prevedono una gestione dinamica della viabilità (es. variazioni d'uso delle corsie, limiti di velocità dinamici), ma anche nelle aree portuali adibite al parcheggio dei mezzi, per esempio per segnalare la disponibilità e la localizzazione di posti (c.f.r. sezione 1.2).

2.2 Canale verbale

Anche il canale comunicativo verbale trova un suo spazio nelle pratiche adottate nei corridoi europeo. Rispetto al canale visivo, il canale verbale agevola una comunicazione bidirezionale, sia in senso verticale (da e verso una centrale) sia in senso orizzontale (da e verso altri veicoli). Mentre i canali visivi veicolano quasi esclusivamente informazioni "top-down", i canali verbali danno la possibilità di invertire il flusso informativo in senso "bottom-up". Questa caratteristica incrementa la possibilità di fornire informazioni in tempo reale per la gestione del traffico e la fornitura di servizi di emergenza.

Sono essenzialmente due i dispositivi di questo tipo, la cui implementazione risulta ormai consolidata a livello europeo: **interfono** e **videotelefono IP**, con il secondo che consente di veicolare contemporaneamente sia informazioni verbali che visive. I videotelefoni IP possono essere integrati nel sistema di bordo dei veicoli oppure posizionati in punti strategici come intersezioni o stazioni di servizio.

2.3 Canale digitale

Attraverso il canale digitale passa un flusso informativo non mediato direttamente dall'uomo. Esso prevede uno scambio di dati verso una centrale raccolti localmente attraverso sensoristiche stradali o di bordo, oppure, al contrario, provenienti da una centrale e diretti verso appositi dispositivi in ascolto sulla strada o sui veicoli.

DATEX II (Data Exchange for Traffic Information) è uno standard europeo che definisce una serie di specifiche tecniche per consentire per lo scambio di dati nel settore del traffico e della gestione della mobilità[2]. L'utilizzo di DATEX II è identificato come buona pratica in tutte quelle applicazioni che coinvolgono informazioni dinamiche sui sistemi di trasporto, in particolare sul sistema stradale. DATEX II viene usato per strutturare la trasmissione dei dati relativi al traffico tra diversi sistemi e attori all'interno di un ecosistema ITS e trova applicazione nella comunicazione Vehicle-to-Infrastructure (V2I), Vehicle-to-Vehicle (V2V) e Vehicle-to-everything (V2X). Il protocollo facilita l'integrazione di dati provenienti da diverse fonti e consente una comunicazione efficace e una condivisione di informazioni tra veicoli, infrastrutture e altri attori nel sistema di trasporto intelligente. Esso svolge dunque un ruolo cruciale nell'implementazione dei Cooperative-ITS (C-ITS), una sottocategoria di ITS che prevedomo una comunicazione e condivisione di informazioni tra i diversi nodi di un ITS, che possono essere così resi interoperabili (c.f.r. sezione 3.2).

[2] Maggiori dettagli sono disponibili presso la pagina web del progetto: https://docs.datex2.eu/basics/generalintroduction.html

3. Infrastrutture dati

Nell'ambito ITS, un'infrastruttura dati è un insieme di componenti utilizzate per raccogliere, elaborare, archiviare e distribuire dati relativi al trasporto e alla mobilità. L'obiettivo principale di un'infrastruttura dati ITS è rendere possibili gli scambi di dati, migliorando l'efficienza, la sicurezza e la sostenibilità dei sistemi di trasporto.

3.1 Centralizzazione

La centralizzazione fa riferimento alle pratiche di raccolta, gestione e diffusione dei dati attraverso sistemi unificati, che possano rappresentare un riferimento su tutto il territorio nazionale, consentendo agli utenti – fruitori finali o fornitori di servizi – di accedervi secondo metodologie e protocolli standard.

Il regolamento delegato UE 2015/962 invita gli stati membri a istituire un unico punto di riferimento nazionale (**National Access Point**, NAP) per l'accesso dei cittadini ai dati relativi alle strade e al traffico, compresi gli aggiornamenti dei dati, forniti dalle autorità stradali, dagli operatori stradali e dai fornitori di servizi e relativi al territorio di un determinato Stato membro. Nel contesto degli ITS, un NAP è concepito come un'**interfaccia digitale** per lo scambio di dati che uno Stato mette a disposizione dei cittadini per favorire il riutilizzo dei dati sulla mobilità e che implementa le pratiche descritte nella normativa 2013/886. Nonostante esso possa assumere forme differenti (es. repository, portale web, ecc.), i capisaldi su cui poggiano le sue fondamenta sono ben normate dal regolamento delegato 2017/1926, che integra la direttiva 2010/40, e che descrive le norme da seguire i fatto di:

- accessibilità, scambio e riutilizzo dei dati statici e dinamici sulla mobilità e sul traffico (articoli 4 e 5);
- aggiornamenti dei dati (articolo 6);
- collegamento di servizi di informazione sulla mobilità (articolo 7);
- riutilizzo di dati sulla mobilità e sul traffico nelle forniture di servizi e sul collegamento di servizi di informazione sulla mobilità (articolo 8);
- valutazione di conformità (articolo 9).

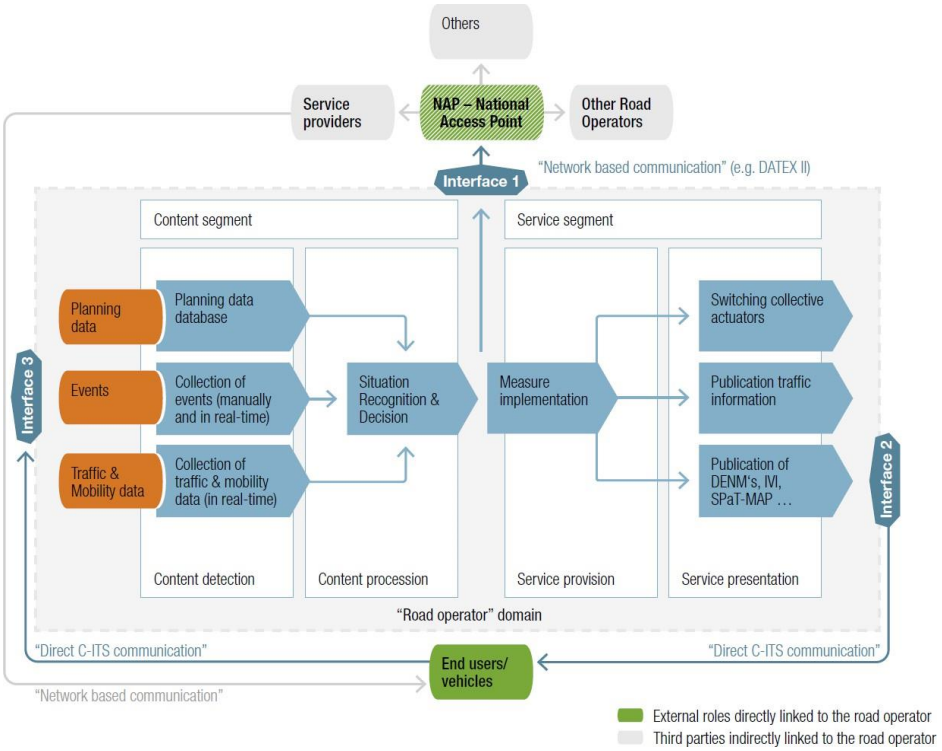

Figura 1. Architettura a interfacce per la condivisione dei dati. Immagine tratta da: *Reference handbook for harmonised ITS core service deployment in Europe*.

Si distinguono tre tipi di interfaccia, il cui ruolo in un'infrastruttura dati è rappresentato in figura 1:

1. interfacce per la trasmissione di informazioni verso servizi di terze parti;
2. interfacce per la trasmissione di informazioni "top-down", dai servizi centralizzati verso gli utenti finali;
3. interfacce per la trasmissione "bottom-up" di dati raccolti dai veicoli su strada ai servizi centralizzati.

Che si tratti di interfacce di tipo 1, 2 o 3, un aspetto fondamentale è che i dati vengano condivisi sfruttando dei dei formati "machine readable", variabili a seconda del tipo di informazione trasmessa. Risulta inoltre critico lìuso di standard aperti e comuni per la comunicazione e lo scambio di dati tra i diversi nodi, per favorire l'interoperabilità e semplificare l'integrazione di nuovi componenti o sistemi nel futuro.

3.2 Integrazione

I diversi componenti che costituiscono un ITS portuale dovrebbero essere interoperabili e alimentare una fonte centralizzata, consentendo un flusso informativo in tempo reale e facilitando una gestione integrata e coordinata delle attività portuali.

Diverse esperienze europee hanno individuato nel **Port Community System** (PCS) il "braccio operativo" in cui centralizzare e integrare i canali ITS. Il PCS è una piattaforma tecnologica che collega tutti gli attori coinvolti nelle operazioni portuali, inclusi ii terminalisti, gli spedizionieri, i trasportatori, le autorità portuali e le autorità doganali. Il PCS facilita lo scambio di informazioni e la collaborazione tra tutti questi attori, consentendo una gestione più efficiente delle operazioni. Ad esempio, può essere utilizzato per la gestione dei documenti, la pianificazione delle operazioni di carico e scarico, la tracciabilità delle merci e la gestione delle autorizzazioni doganali. Il PCS mira a migliorare la fluidità e l'efficienza delle operazioni portuali, riducendo i tempi di attesa e ottimizzando l'utilizzo delle risorse.

In Europa, sono diversi i progetti che in cui i PCS sono stati dotati di apposite interfacce per inglobare i dati provenienti dai sistemi di monitoraggio ITS, così da potenziare i processi portuali, garantendo l'interoperabilità con le piattaforme usate dai concessionari autostradali.

L'integrazione delle tecnologie permette ai PCS di far leva su informazioni di contorno che possono risultare determinanti nell'ottimizzazione della gestione degli spazi, come per esempio lo stato delle aree deputate ad ospitare i mezzi. Le informazioni sensoristiche provenienti da tecnologie di **Intelligent Parking System** (IPS) possono essere integrate nei PCS, riducendo lo sforzo e il tempo dei conducenti nella ricerca del parcheggio.

Inoltre, i dati sui flussi di traffico in entrata e in uscita dal porto possono alimentare appositi **algoritmi** implementati nei sistemi informativi, che attraverso un'analisi dei dati a livello statistico generano ottimizzazioni a vari livelli (es. riduzione dei tempi di transito con conseguente miglioramento dei flussi di traffico e diminuzione delle emissioni di sostanze inquinanti e di rumore).

3.3 Previsione e prescrizione

Dati che originano da diverse sorgenti possono essere uniti ed elaborati per poterli utilizzare nella messa a punto di **dashboard** e algoritmi di **machine learning**, per realizzare proiezioni di scenari che potrebbero verificarsi per quanto riguarda la movimentazione dei mezzi e delle merci nei poli logistici, così come delle condizioni meteorologiche, fornendo così strumenti digitali di gestione a supporto alle decisioni.

L'integrazione delle fonti informative e la loro successiva elaborazione tramite strumenti di analisi predittiva e di business intelligence consente una stima a breve termine del numero di mezzi in entrata e uscita, mettendo i gestori di un porto o di un polo logistico di anticipare eventuali problemi di congestione dei flussi di traffico (per esempio, abilitando più corsie di uscita/entrata o distribuendo le richieste di trasporto in un periodo di tempo).

4. Installazioni su strada

A livello europeo, le buone pratiche di implementazione dei corridoi che hanno adottato soluzioni ITS hanno dedicato grande spazio alle installazioni mirate al miglioramento della sicurezza stradale e alla riduzione del rumore ambientale.

4.1 Incremento della sicurezza

I sistemi di **monitoraggio della pressione degli pneumatici** hanno l'obiettivo principale di migliorare la sicurezza stradale, e come riflesso permettono di migliorare l'efficienza del carburante e prolungare la durata degli pneumatici stessi. I dispositivi permettono di monitorare costantemente la pressione degli pneumatici di un veicolo e avvisano il conducente qualora la pressione dovesse scendere al di sotto di un livello critico. Ogni pneumatico è dotato di un sensore di pressione, che può essere diretto o indiretto. I sensori diretti sono installati all'interno di ogni pneumatico e misurano la pressione degli pneumatici in tempo reale, mentre quelli indiretti utilizzano altri sensori del veicolo, come i sensori di velocità delle ruote, per stimare la pressione degli pneumatici. I sensori trasmettono le informazioni rilevate a un'unità di controllo centrale del veicolo, che raccoglie i dati dalle diverse ruote e li elabora.

Un altro importante sistema che permette di incrementare la sicurezza e le prestazioni del veicolo sono le **barre per la misurazione dell'impronta degli pneumatici**, utilizzate per valutare la larghezza dell'impronta lasciata dagli pneumatici sulla superficie stradale (l'area di contatto tra gli pneumatici e la strada). Si tratta di un parametro che può fornire informazioni utili per valutare la distribuzione del carico del mezzo e l'usura degli pneumatici, che possono contribuire all'aderenza e alla stabilità del veicolo. Una misurazione regolare dell'impronta può aiutare a identificare eventuali anomalie o problemi di allineamento che potrebbero influire sull'usura degli pneumatici.

Le barre per la misurazione dell'impronta sono costituite da pannelli piatti e sottili, generalmente realizzati in materiale resistente come l'acciaio. Sono progettate per essere posizionate sul terreno in modo che il veicolo possa passarci sopra, lasciando una traccia nella parte superiore del pannello. La larghezza dell'impronta può essere determinata misurando la distanza tra i bordi della traccia lasciata dai pneumatici.

Infine, possono essere realizzate delle **stazioni di pesatura** per i veicoli pesanti, che permettono di verificare se i mezzi non siano sovraccarichi, mettendo a rischio la sicurezza del trasportatore e degli altri automobilisti.

4.2 Riduzione del rumore

È buona pratica considerare nell'implementazione delle soluzioni ITS portuali la problematica dell'inquinamento acustico generato sia dalle operazioni di movimentazione merci nel porto, sia dal traffico veicolare pesante. Questo aspetto riveste particolare importanza nelle aree urbane, dove il rumore costante del traffico può influire negativamente sulla qualità della vita dei residenti e sull'ambiente circostante.

Disponendo specifici rilevatori acustici (c.f.r. sezione 1.1.1) montati in punti strategici lungo i percorsi che collegano le aree portuali con i poli logistici, è possibile misurare la quantità di rumore generata dai mezzi, così da valutare dove e di conseguenza come agire. Le soluzioni che possono operare su diversi livelli, che passano essenzialmente per l'ottimizzazione delle infrastrutture stradali e la gestione del flusso di traffico.

Barriere fonoassorbenti. Le barriere fonoassorbenti sono strutture posizionate lungo i lati delle strade per ridurre la propagazione del rumore. Sono realizzate con materiali che assorbono l'energia acustica, attenuando così il rumore prodotto dal traffico.

Asfalto fonoassorbente. L'utilizzo di asfalto fonoassorbente può contribuire significativamente alla riduzione del rumore stradale. Questo tipo di asfalto è progettato con materiali speciali che riducono la riflessione del suono e l'energia acustica emessa dai veicoli.

Limitazioni di velocità. Ridurre la velocità dei veicoli lungo le strade può contribuire a una riduzione del rumore, poiché la rumorosità è spesso correlata alla velocità di percorrenza. L'implementazione di limiti di velocità adeguati e l'applicazione rigorosa delle regole del traffico possono aiutare a controllare il rumore stradale.

Pianificazione delle rotte. La creazione di zone di transito separate per il traffico pesante e l'implementazione di percorsi strategici possono contribuire a minimizzare l'impatto acustico sulla vicina popolazione.

PARTE 2

Stato dell'arte e buone pratiche emerse dalle interviste B2B

5. A4 Mobility: Innovazione e Sostenibilità nell'Infomobility

A4 Mobility S.r.l, società del gruppo A4 Holding, opera nella progettazione, nello sviluppo e nella manutenzione di soluzioni integrate per la mobilità e la sicurezza a servizio del territorio, e si affaccia sul mercato come una realtà societaria che può vantare un prezioso bagaglio di esperienze, di processi e di know how di oltre dieci anni di attività nel settore dell'infomobilità con approccio ITS. Nello specifico, A4 Mobility sviluppa e integra sistemi, applicativi e dispositivi per tutti i sistemi ITS rappresentando un laboratorio di eccellenza nell'ambito del mercato della mobilità in tutte le sue declinazioni.

Nel vasto panorama dei Sistemi di Trasporto Intelligenti, A4 Mobility emerge come un esempio di innovazione e impegno verso l'efficienza, grazie all'implementazione di nuove soluzioni hardware e software. Nell'intervista con A4 Mobility sono stati discussi progetti su diversi asset aziendali, che hanno evidenziato buone pratiche di processo sotto diversi aspetti.

5.1 Centrale Operativa Viabilità

Uno dei progetti di punta di A4 Mobility è la Centrale Operativa Viabilità, un sistema avanzato che raccoglie dati da una vasta gamma di sensori. Questo sistema fornisce indicazioni operative in tempo reale, guidando l'operatore su come agire in risposta a eventi specifici. Questo tipo di soluzione consente una gestione del traffico più efficiente e reattiva, contribuendo a migliorare la sicurezza e il flusso veicolare.

Alla base della Centrale Operativa Viabilità c'è una sofisticata rete di sensori, dislocati strategicamente lungo le arterie di traffico e in punti nevralgici dell'infrastruttura stradale. Questi sensori possono variare da fotocamere ad alta definizione a rilevatori di velocità e sensori ambientali che monitorano condizioni atmosferiche come temperatura, umidità e precipitazioni. I dati raccolti sono inviati in tempo reale a una piattaforma centralizzata. Questa piattaforma utilizza algoritmi avanzati per analizzare, interpretare e correlare le informazioni, generando una panoramica complessiva della situazione del traffico.

Una delle caratteristiche distintive della Centrale Operativa Viabilità è la sua capacità di reagire quasi istantaneamente a eventi imprevisti. Che si tratti di un incidente, di un ingorgo o di condizioni stradali pericolose dovute a fenomeni atmosferici, il sistema è progettato per identificare il problema e fornire soluzioni operative. Gli operatori in servizio possono, ad esempio, ricevere alert immediati su potenziali aree di congestione e intraprendere azioni preventive, come il reindirizzamento del traffico o l'invio di squadre di emergenza.

Con l'aiuto della Centrale Operativa Viabilità, le autorità e gli organi di gestione del traffico possono prendere decisioni informate, riducendo notevolmente i tempi di reazione e migliorando l'efficienza del flusso del traffico. Inoltre, l'analisi predittiva consente di anticipare i pattern di traffico basandosi su dati storici e tendenze attuali, offrendo soluzioni preventive piuttosto che reattive.

Oltre alla gestione efficiente, un altro beneficio fondamentale offerto dalla Centrale Operativa Viabilità è l'aumento della sicurezza stradale. La rapida identificazione di incidenti o pericoli permette interventi tempestivi, riducendo potenzialmente il rischio di ulteriori incidenti o complicazioni. La capacità di monitorare in tempo reale condizioni stradali e ambientali consente anche di fornire avvisi ai conducenti, contribuendo a creare un ambiente di guida più sicuro per tutti.

Guardando al futuro, si può prevedere che la Centrale Operativa Viabilità continuerà a evolversi, integrando magari tecnologie emergenti come quelle basate sul machine learning per addestrare algoritmi di intelligenza artificiale (AI) per fornire output ancora più accurati e approfonditi.

5.3 Sostenibilità e riduzione del rumore

Sebbene A4 Mobility operi principalmente nell'ambito dell'infomobilità e delle soluzioni ITS, l'azienda ha riconosciuto l'importanza di affrontare la questione dell'inquinamento acustico. Questa sensibilità fa parte di un quadro più ampio di

impegno verso la sostenibilità e il monitoraggio dell'impatto ambientale (ESG). In tal senso, la società non si è limitata a implementare tecnologie avanzate per la mobilità, ma ha esteso la sua visione a un approccio più olistico, tenendo conto delle sfide ambientali e sociali.

Le barriere antirumore, come menzionato, sono uno degli strumenti utilizzati da A4 Mobility. Al di là della loro apparente semplicità, questi schermi sono il risultato di ricerche approfondite e di ingegneria avanzata, così come le pavimentazioni fonoassorbenti.

Guardando al futuro, con l'avvento dei veicoli elettrici e di una maggiore consapevolezza ambientale, ci si aspetta che il rumore del traffico diminuisca. Tuttavia, l'approccio proattivo di A4 Mobility dimostra che non si può semplicemente aspettare che il cambiamento accada, ma è essenziale guidarlo.

5.4 L'evoluzione dell'architettura software: da sistema monolitico ai microservizi

A4 Mobility si sta orientando verso un'architettura basata su microservizi, le funzionalità dell'applicazione sono suddivise in servizi indipendenti, ognuno dei quali può essere sviluppato, testato, implementato, scalato e aggiornato autonomamente. Questa modularità aumenta la resilienza del sistema, in quanto un guasto in un microservizio non influisce sugli altri. Inoltre, i microservizi possono essere orchestrati per eseguire workflow complessi in modo automatico e coordinato, facilitando l'integrazione e l'automazione.

A livello di sicurezza informatica, A4 Mobility ha implementato una serie di misure per proteggere i dati sensibili e garantire la privacy degli utenti. Questo include l'aggiornamento continuo del sistema per proteggerlo dalle ultime minacce e vulnerabilità, e l'uso di tecniche avanzate di crittografia e autenticazione.

A4 Mobility sta inoltre esplorando l'uso dell'intelligenza artificiale nei suoi ITS. L'AI può essere utilizzata per analizzare i dati di traffico in tempo reale, costruire scenari a scopo previsionale, rilevare automaticamente gli incidenti e fornire indicazioni operative. Questo tipo di funzionalità avanzate può migliorare ulteriormente l'efficienza e la sicurezza del sistema di trasporto.

L'implementazione dell'AI avviene attraverso una serie di tecniche di apprendimento automatico. Gli algoritmi di apprendimento automatico possono essere addestrati su grandi quantità di dati di traffico per poter prevedere i flussi, riconoscere e classificare gli eventi e conseguentemente identificare potenziali problemi. Il deep learning, una sottocategoria dell'apprendimento automatico che utilizza reti neurali artificiali, può essere utilizzato per rilevare automaticamente gli incidenti basandosi su pattern complessi nei dati di traffico. Questi algoritmi possono essere implementati in un ambiente di elaborazione distribuita, come Apache Spark, per gestire grandi volumi di dati e fornire risultati in tempo reale.

In sintesi, l'architettura software di A4 Mobility rappresenta una buona pratica nel campo dei ITS. L'adozione di microservizi, l'attenzione alla cybersecurity e l'investimento in intelligenza artificiale dimostrano un impegno per l'innovazione tecnologica e la continua evoluzione del sistema di trasporto.

5.5 Progetti specifici: Porto di Livorno

A4 Mobility ha sviluppato un sistema di controllo degli accessi automatizzato per il porto di Livorno. Inoltre, l'azienda ha implementato un sistema di Cooperative ITS tra Livorno e Prato, che include sensori di parcheggio. Questi progetti dimostrano come le soluzioni ITS possono essere adattate a una varietà di contesti, migliorando l'efficienza e la sicurezza in diverse situazioni di trasporto.

6. Il caso della Magyar Közút Nonprofit Zrt

La Magyar Közút Nonprofit Zrt. è un'azienda statale ungherese che si occupa della gestione della rete stradale pubblica del Paese. Per conto dell'azienda è stato intervistato Tamás Attila Tomaschek, ingegnere specializzato in infrastrutture di trasporto. Oltre a dirigere l'unità di gestione del traffico presso la Magyar Közút Nonprofit, Tomaschek

sta svolgendo il suo secondo dottorato di ricerca presso il Department of Automotive Technologies della Budapest University of Technology and Economics ed è stato project manager in diversi progetti legati al corridoio CROCODILE. Nonostante tale corridoio includa aree portuali, il lavoro del dott. Tomaschek ha riguardato prevalentemente le tecnologie ITS dedicate alla gestione operativa dei flussi di traffico su strada, non direttamente legati alla logistica marittima.

6.1 Progetto pilota per il monitoraggio del rumore

Attualmente, Tomaschek è coinvolto in un progetto pilota orientato al monitoraggio del rumore generato dal transito veicolare lungo tratti autostradali ungheresi. Da questa sua esperienza sono stati dedotti alcuni spunti di rilievo per quanto riguarda le misurazioni acustiche.

Il progetto è nato a seguito di disagi riportati dai residenti in alcune aree critiche sotto il profilo dell'inquinamento acustico. Tomaschek dichiara che, nonostante la migliore pratica in queste situazioni sarebbe quella di monitorare il rumore esattamente nei luoghi in cui questo provoca dei disagi, per motivi di gestione degli spazi privati questa pratica non è implementabile. Per questo motivo, i tratti incriminati sono stati dotati di sensori nei pressi della carreggiata, quindi laddove il rumore si genera. Le misure rilevate verranno utilizzate in un secondo momento per valutare se imporre restrizioni alla velocità dei veicoli.

Tomaschek ha posto l'accento su alcune caratteristiche dell'infrastruttura dati. Nell'implementazione in questione, Tomaschek sottolinea come buona pratica il fatto che i dati prodotti dalla sensoristica viaggino su una rete privata e che, allo stesso modo, siano archiviati su un database privato, quindi non appoggiandosi a soluzioni cloud.

7. Il caso dei porti di Venezia e Chioggia

L'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Settentrionale (Porti di Venezia e Chioggia), di seguito AdSP MAS, è un ente pubblico indipendente che progetta, coordina e controlla le operazioni portuali svolte da società private in regime di concessione nel sistema portuale polivalente di Venezia e Chioggia. La AdSP MAS si occupa inoltre della manutenzione delle infrastrutture e dei dragaggi, sovrintende all'erogazione dei servizi di interesse generale, gestisce il Demanio Marittimo e pianifica lo sviluppo del porto.

L'organizzazione è suddivisa in 5 diversi dipartimenti: Segreteria Generale e Staff del Presidente, Tecnico, Patrimonio dello Stato, Operazioni Portuali, Pianificazione Strategica, Finanza e Controllo. Il fatturato medio è fino a € 100 milioni/anno derivanti da canoni di concessione e tariffe portuali per le merci, il numero di addetti è superiore a 100.
Nel 2019 (prima del Covid-19) il throughput totale è stato di 24.987.910 tonnellate e 593.070 TEU movimentati, confermando Venezia come uno dei porti Core della rete europea Ten-T (ovvero i corridoi Core della rete Baltico-Adriatico e Mediterraneo) e uno dei principali porti di accesso dell'Adriatico.

L'accesso ai terminal commerciali di Venezia-Porto Marghera è garantito attraverso il principale canale di navigazione Malamocco-Marghera, che si estende per circa 20 km, con una profondità di -12 m, pari alla quota stabilita dall'attuale piano regolatore portuale. Le peculiarità ambientali e geografiche dell'area rendono la navigazione delle navi più complessa rispetto ad altri porti nazionali.

Attraverso le sue pratiche, che si appoggiano su tecnologie informatiche e ausili alla navigazione, AdSP MAS mira a migliorare la gestione portuale del traffico, migliorandone così l'accessibilità nautica. Nell'intervista condotta con la dott.ssa Mara Pitaccolo – referente per AsSP MAS – sono emersi diversi progetti di rilievo per le buone pratiche ITS in ambito marittimo.

7.1 Progetto INTESA

AdSP MAS è stato recentemente impegnato nel progetto INTESA (Improving maritime Transport Efficiency and Safety in the Adriatic), promosso dai Ministeri dei Trasporti italiano e croato, dai principali porti dell'Adriatico e dal Servizio MET della Croazia. Realizzato per incrementare la sicurezza transfrontaliera nel settore marittimo, attraverso INTESA è stata migliorata l'accessibilità nautica dei porti su entrambe le sponde del Mare Adriatico, attraverso l'adozione di sistemi informatici all'avanguardia per gli ausili alla navigazione, per la sorveglianza portuale e per lo scambio di dati in tempo reale.

Con INTESA è stata avviata la standardizzazione e l'integrazione delle procedure di monitoraggio e gestione dei porti nel mare Adriatico, rafforzando la rete dei sistemi di comunità portuali, migliorando le procedure di scambio dei dati sulle compagnie di navigazione e sulle navi che operano tra porti. Come buone pratiche, oltre all'aggiornamento dei sistemi informatici, sono state messi in campo degli strumenti di ausilio alla navigazione:

- Virtual AtoN (Aid to Navigation), che ottimizza il sistema di segnalazione per assicurare una maggiore sicurezza della navigazione.

- Pilot Portable Units (PPUs): basati su una cartografia di precisione, sia di terra sia degli spazi acquei, consentono ai piloti di conoscere con precisione centimetrica la posizione istantanea e futura.

- Sensori meteomarini: messi in rete fra loro, consentono di rilevare informazioni relative all'ambiente lagunare e alla situazione meteorologica (es. altezza della marea).

- Automatic Identification System (AIS): attraverso l'identificazione, il tracciamento della posizione e informazioni aggiuntive (es. velocità di crociera) consentono di ridurre al minimo il rischio di collisioni tra navi.

- Sistema integrato per la gestione dei dati cartografici.

7.2 Progetti per la sostenibilità ambientale

AdSP MAS ha intrapreso una serie di azioni pilota per la sostenibilità ambientale e l'efficientamento energetico portuale, affrontando diversi temi connessi a tali problematiche, come la realizzazione di una rete per il monitoraggio della qualità dell'aria per varie componenti atmosferiche (es. SOx, NOx, particolato) e una serie di campagne per il monitoraggio acustico e meteorologico.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, l'azione si è basata sull'installazione, in punti fissi, di tre centraline di monitoraggio per la rilevazione in continuo delle emissioni sonore e di dati meteorologici, con l'obiettivo di determinare il contributo acustico proveniente del comparto portuale all'interno del contesto urbano.

AdSP MAS sta inoltre portando avanti un intervento di cold ironing, che consiste nell'elettrificazione delle banchine dei porti. Attraverso sistemi di fornitura di energia elettrica dalla riva alle navi durante la fase di ormeggio, il cold ironing permette di ridurre l'utilizzo dei motori di bordo per la produzione di energia ausiliaria, facendo così diminuire i livelli di inquinamento atmosferico e acustico. La riduzione del rumore e il miglioramento della qualità dell'aria sarebbero, dunque, un virtuoso effetto collaterale derivante dalla sostituzione dei motori endotermici con i motori elettrici.

Infine, AdSP MAS ha preso recentemente parte al progetto CLEAN BERTH, che si è posto l'obiettivo di creare un modello comune per la pianificazione ambientale e la promozione dell'efficienza energetica tra tutti i porti dell'area transfrontaliera Italia-Slovenia. Il progetto è stato capeggiato dall'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Orientale (Porto di Trieste) con il sostegno di altri partner istituzionali oltre all'Autorità Portuale veneziana, quali la Regione Friuli Venezia Giulia, il Porto di Koper e l'Università del Litorale per la Slovenia.

Il progetto nasce dall'esigenza di orchestrare secondo un'ottica condivisa l'implementazione di strumenti di pianificazione ambientale ed energetica, adottano così misure di mitigazione in maniera coordinata, con lo scopo ultimo di migliorare gli esiti delle pratiche di tutela ambientale.

Le prime attività tecniche di CLEAN BERTH hanno previsto il calcolo della carbon footprint per ogni porto e l'individuazione delle migliori pratiche in tema di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica. Un primo passo in questo senso è rappresentato dalla stesura di un inventario delle emissioni, da cui partire per identificare tutte quelle attività e dispositivi che producono emissioni dirette o indirette di gas serra, consentendo una valutazione delle quantità di emissioni per ciascuna attività o fonte di emissione. Grazie a questo inventario è possibile anche confrontare le quantità di emissioni tra terminal o porti, consentendo così di identificare le criticità, adottare le decisioni più efficaci su investimenti prioritari e introdurre i cambiamenti tecnologici utili a ridurre le emissioni. Sulla base del calcolo della carbon footprint per ogni porto si è quindi proceduto all'individuazione delle migliori pratiche in tema di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica.

CLEAN BERTH ha portato a dei cambiamenti nei processi e nelle infrastrutture dei porti coinvolti, apportando degli effetti a lungo termine che stanno proseguendo ben oltre il termine istituzionale del progetto.

8. Il caso della A22 Autostrada del Brennero

L'Autostrada A22 del Brennero (Autobrennero) collega Campogalliano (presso Modena) al Passo del Brennero. Attraversando diverse regioni italiane (Emilia-Romagna, Lombardia, Veneto e Trentino-Alto Adige), la A22 giunge fino al confine austriaco, dove prosegue come A13. Questa arteria autostradale fornisce un passaggio attraverso le Alpi di grande rilevanza economica e strategica; data la sua posizione, la A22 è spesso soggetta a intensi flussi di traffico anche di mezzi pesanti, motivo per cui rappresenta un importante banco di prova e caso di studio per tutto ciò che concerne i sistemi di trasporto intelligenti. Per Autostrada del Brennero SpA è stata intervistata Ilaria De Biasi, che coordina l'attività di diversi progetti europei in ambito ITS.

8.1 Tecnologie per il monitoraggio

In Autobrennero fanno uso di tecnologie ITS per il monitoraggio e il conteggio dei veicoli, come spire induttive e telecamere. In particolare, le spire vengono indicate come tecnologia particolarmente affidabile, al contrario dei radar. I sistemi ITS di Autobrennero sono dedicati anche al monitoraggio ambientale, con lo scopo di prescrivere ai veicoli in transito una riduzione della velocità in base alle previsioni di traffico, meteo e qualità dell'aria.

8.2 Progetti in ambito C-ITS

C-ITS (Sistemi di Trasporto Intelligenti Cooperativi) è un insieme di tecnologie e applicazioni che consentono la comunicazione tra veicoli, infrastrutture e utenti della strada per migliorare la sicurezza, l'efficienza e la sostenibilità del trasporto, che includono tecnologie quali:

- comunicazione tra veicoli (V2V): scambio di informazioni tra veicoli, come posizione, velocità e direzione, per prevenire incidenti e migliorare la sicurezza stradale;

- comunicazione tra veicoli e infrastrutture (I2V e V2I): scambio di informazioni tra i veicoli e l'infrastruttura stradale, per migliorare la fluidità del traffico e ridurre le congestioni;

- servizi di infomobilità: invio ai conducenti di informazioni in tempo reale relativamente a traffico, condizioni meteorologiche ed eventuali deviazioni, per scegliere il percorso migliore e ridurre i tempi di percorrenza;

- gestione del traffico: monitoraggio in tempo reale del traffico sulla rete stradale, così da poter adottare tempestivamente misure per ridurre le congestioni e migliorare la sicurezza.

C-ROADS è una piattaforma europea congiunta di Stati membri e operatori stradali che è stata realizzata per testare e implementare servizi C-ITS in vista dell'armonizzazione dei servizi e dell'interoperabilità transfrontaliera. Nell'ambito del progetto C-Roads Italy, insieme a partner quali Iveco, Stellantis e TIM, l'Autobrennero si è concentrata sulla comunicazione bidirezionale fra infrastruttura e veicolo, sviluppando un protocollo di trasmissione dei messaggi georeferenziati che, attraverso un sistema di notifiche push inviate da un server broker, comunica in broadcast con i veicoli che percorrono la tratta. Si tratta di un sistema di comunicazione ibrida sia a corto raggio, basato sull'utilizzo di antenne bidirezionali operanti con la tecnologia ITS-G5, che a lungo raggio, basato sull'impiego di un'antenna virtuale grazie alla quale il broker riceve segnalazioni da tutta l'autostrada e invia notifiche esclusivamente alle aree di interesse.

La soluzione ideata da Autobrennero consente di trasmettere ai computer di bordo la presenza di cantieri, incidenti, condizioni meteo avverse e informazioni simili. Un caso d'uso di particolare rilevanza testato da Autobrennero è la possibilità di mantenere la continuità del segnale anche in galleria.

Sempre in ambito C-ITS, in Autobrennero è attualmente in fase di definizione una linea di sviluppo tecnologico che dovrebbe prevedere la possibilità di integrare direttamente negli impianti un sistema di riscossione del pedaggio autostradale.

8.3 Altri progetti

PoDIUM è un progetto inserito nel programma Horizon Europeche ha l'obiettivo di sviluppare una serie di tecnologie chiave per le infrastrutture fisiche e digitali attraverso l'implementazione di casi d'uso specifici in condizioni di vita reale. In particolare, Autobrennero è coinvolta nel caso d'uso "Gestione del rischio in una galleria autostradale", che si propone di quantificare il livello di rischio di una galleria e di usarlo per adattare in anticipo il livello di automazione dei veicoli connessi/cooperativi in avvicinamento.

Autobrennero partecipa inoltre al progetto NAPCORE, che si prefigge di migliorare l'interoperabilità dei National Access Point quale spina dorsale dello scambio di dati sulla mobilità europea.

8.4 Interventi sul rumore e sulla qualità dell'aria

Nonostante sul tratto autostradale i limiti impongano già il mantenimento di velocità ottimali per la riduzione del rumore — misura che, secondo quanto riportato dall'intervistata, comporta anche una riduzione del 15% delle emissioni di ossidi di azoto a bordo strada — Autobrennero ha implementato diverse soluzioni complementari per affrontare la problematica rumore.

Con il progetto BrennerLEC – inserito nel programma LIFE – Autobrennero si è impegnata per creare un corridoio a basse emissioni (Lower Emission Corridor) per l'autostrada A22, con azioni mirate ad apportare un beneficio in termini di qualità dell'aria e di abbattimento del rumore, con un impatto sia in termini ambientali sia di efficientamento del sistema di trasporto. Pur trattandosi di un progetto ufficialmente concluso, Autobrennero sta estendendo a quattro ulteriori tratte la sperimentazione delle soluzioni individuate. La riduzione delle emissioni inquinanti è stata perseguita attraverso diverse strategie:

- gestione del flusso veicolare durante situazioni di traffico intenso, combinando la riduzione dinamica dei limiti di velocità con strategie di attivazione dinamica delle corsie;

- gestione dinamica dei limiti massimi di velocità consentiti in funzione della qualità dell'aria;

- gestione dei flussi di traffico in prossimità delle maggiori aree urbane attraverso informazioni onroad "intelligenti".

La A22 è stata dotata di una pavimentazione drenante e fonoassorbente (questa pratica impiega la Società a operazioni di mantenimento più onerose rispetto a una normale pavimentazione, dato che che i materiali impiegati, a causa della porosità, sono maggiormente soggetti ai danneggiamenti del gelo).

L'autostrada è inoltre dotata di barriere fonoassorbenti, localizzate in punti strategici determinati a seguito di rilievi. Inoltre, le abitazioni nei pressi della tratta particolarmente soggette a disagio a causa della rumorosità, su richiesta sono state dotate di finestre fonoassorbenti; sono soprattutto le abitazioni dell'Alto Adige, a causa di loro peculiarità architettoniche a essere soggette a questa problematica.

Infine, a causa delle chiusure ai mezzi pesanti imposte sul tratto austriaco dell'autostrada, gli ultimi chilometri della A22 sono particolarmente soggetti a inquinamento acustico, provocato dai mezzi che, per necessità di termoregolazione delle stive, vengono tenuti in moto. Per far fronte a questa problematica, tre parcheggi sono stati dotati di colonnine di ricarica fornite dall'azienda partner Nomad Power. Le colonnine di Nomad Power rappresentano una soluzione economica, ecosostenibile e silenziosa per caricare le unità di mantenimento in temperatura. In questo modo, i trasportatori di mezzi a temperatura controllata possono allacciarsi alla rete di energia elettrica, invece di utilizzare l'inquinante e rumoroso generatore diesel. Un trasportatore potrà così disporre di energia per mantenere l'unità in temperatura durante una sosta breve o pernottamento, riducendo l'utilizzo del più costoso, rumoroso e inquinante combustibile di origine fossile.

PARTE 3

Sintesi delle buone pratiche emerse

9 Sintesi delle buone pratiche

Di seguito vengono sinteticamente riassunte le buone pratiche emerse dalle interviste realizzate con gli stakeholder e dall'analisi delle normative e della letteratura in materia di sistemi di trasporto intelligente, concentrandosi in modo particolare sulla riduzione del rumore. Difatti, per quanto con l'avvento dei veicoli ad alimentazione ibrida ed elettrica ci si aspetti una generale riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dal flusso veicolare ordinario, sono diverse le pratiche di successo adottate per la riduzione del rumore che coinvolgono anche il traffico derivante dal transito di mezzi pesanti e da tutte quelle operazioni secondarie necessarie alla catena logistica.

Le buone pratiche sono state inquadrate in specifiche aree chiave che raccolgono quattro tipologie di azioni: a livello di infrastrutture stradali, a livello di regolazione dei flussi di traffico, a livello di processo dati e infine a livello di infrastruttura informatica.

9.1. Infrastrutture stradali

Gli interventi a livello di infrastrutture stradali sono orientati a ridurre l'impatto dell'inquinamento acustico sui residenti lungo i tratti stradali. L'installazione di **barriere antirumore** lungo la carreggiata e di **pavimentazione fonoassorbente** contribuiscono alla riduzione del rumore prodotto dal transito dei veicoli, creando ambienti più silenziosi e confortevoli per chi vive e lavora vicino alle strade. Azioni di questo tipo possono essere estese anche alle abitazioni circostanti la carreggiata e le aree portuali, finanziando l'installazione di **finestre fonoassorbenti** nelle abitazioni private. Infine, l'**elettrificazione degli stalli** consente di fornire energetica elettrica ai mezzi in stallo (di terra o navali che siano), contribuendo allo stesso tempo anche una riduzione delle emissioni inquinanti.

9.2 Gestione del traffico

Grazie al **direzionamento ottimale** dei veicoli (come si è visto per esempio nel caso della pianificazione delle rotte) è possibile minimizzare il congestionamento stradale, riducendo di riflesso i tempi di percorrenza e i consumi di carburante. Inoltre, l'implementazione di **restrizioni statiche o dinamiche alla velocità** attraverso segnalazioni stradali contribuisce alla sicurezza stradale e al flusso regolare del traffico.

9.3 Infrastruttura dati

L'infrastruttura dati richiede una rete di **sensori di monitoraggio in loco** che rendono possibile una raccolta di dati in tempo reale sul traffico, sulle condizioni stradali e ambientali, consentendo un'analisi più accurata e una risposta più rapida agli eventi. I sensori comunicano in maniera bottom-up con una **centrale di elaborazione** che processa i dati in entrata, estraendo le informazioni per ottenere delle prescrizioni per i guidatori. Centralizzare i dati provenienti da varie fonti consente una gestione più efficace e una visione completa della situazione stradale, agevolando la pianificazione e la risposta a situazioni di emergenza. Grazie all'uso di **algoritmi per l'analisi automatizzata dei dati** è possibile individuare modelli, tendenze e anomalie, fornendo informazioni preziose per il miglioramento della gestione del traffico e dell'infrastruttura stradale. In tutto questo è fondamentale che la **comunicazione avvenga in tempo reale**.

9.4 Infrastruttura informatica

L'infrastruttura informatica dovrebbe basarsi in primis sui principi di robustezza, sicurezza e scalabilità. L'uso di **reti e server privati** garantisce la sicurezza e la protezione dei dati sensibili, evitando potenziali minacce informatiche e garantendo la riservatezza delle informazioni. Inoltre, l'adozione di un'**architettura a microservizi** favorisce la scalabilità, l'aggiornamento e la manutenzione agili del sistema, consentendo l'integrazione di nuove funzionalità in modo modulare.