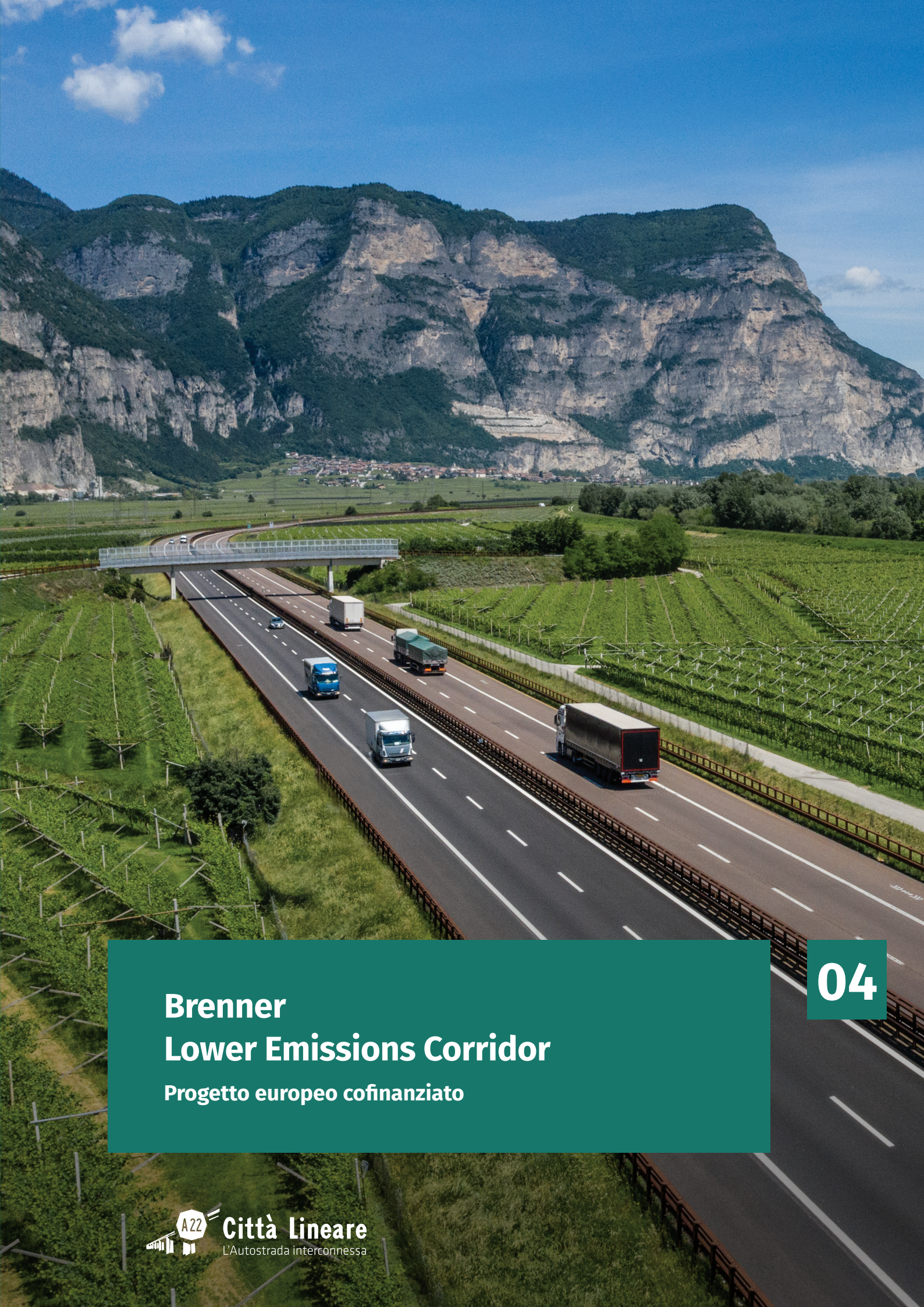


04

Brenner
Lower Emissions Corridor

Progetto europeo cofinanziato

Città Lineare
L'Autostrada interconnessa

04

Brenner
Lower Emissions Corridor

Progetto europeo cofinanziato

BRENNER LEC
lower emissions corridor

A22 Città Lineare
L'Autostrada interconnessa

Editore
Autostrada del Brennero SpA

Comitato Editoriale
Hartmann Reichhalter
Diego Cattoni
Carlo Costa

Redazione
Andrea Brandalise
Roberto Cavaliere
Ilaria De Biasi
Tristano Scarpetta

Grafica
Giorgia Codato
Ilaria Malfer

Immagini
Archivio progetto BrennerLEC
Archivio Autostrada del Brennero SpA
p. 3: Adobe Stock ©EKH-Pictures
p.14: Adobe Stock ©Flaviu Boerescu

© 2023 Autostrada del Brennero SpA / Brennerautobahn AG
www.autobrennero.it - Via Berlino, 10 - Trento

Tutti i diritti riservati. Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta
o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico o altro,
senza l'autorizzazione scritta del proprietario dei diritti.

04

Indice

06 Presentazione
Carlo Costa

09 Il progetto

19 Effetti della riduzione dinamica della velocità a fini viabilistici

27 Effetti della riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

39 Prospettive di sviluppo futuro

52 Appendice
> Attività di comunicazione
> Evento di fine progetto
> Partner

04

Brenner
Lower Emissions Corridor

Progetto europeo cofinanziato

“Gli esiti sono stati positivi a tal punto da convincere i partner di progetto a voler replicare le misure implementate nel progetto in maniera sperimentale anche su altri tratti autostradali risultati critici dal punto di vista della qualità dell’aria.”

Presentazione

Carlo Costa
Direttore Tecnico Generale di Autostrada del Brennero SpA

Carlo Costa

I diritti dell'ambiente e le istanze dell'economia: si tratta di due valori che spesso, quasi sempre, appaiono contrapposti e richiedono di schierarsi a tutela del bene pubblico per eccellenza, il pianeta sul quale tutti viviamo, o a favore delle aspettative di sviluppo, collettive e individuali. Se dovessi indicare l'aspetto per me più importante del progetto BrennerLEC, non indicherei questo o quel risultato tangibile, per quanto rilevante, indicherei l'aver dimostrato che si può fare contemporaneamente il bene dell'ambiente e dell'economia, che si può viaggiare più velocemente e con maggiore sicurezza inquinando meno. Si tratta, io credo, di una grande conquista culturale: comprendere che se non vogliamo consegnare ai nostri figli un pianeta destinato al collasso climatico, ma non vogliamo nemmeno avvitarci in una spirale recessiva potenzialmente micidiale per una popolazione mondiale che ormai sfiora gli 8 miliardi di persone, dobbiamo sviluppare tecnologie capaci di salvaguardare l'ambiente garantendo al contempo lo sviluppo: emanciparsi progressivamente da un paradigma energetico basato sugli idrocarburi, per strutturarne uno nuovo basato sulle energie rinnovabili e su vettori energetici a impatto ambientale zero come l'idrogeno verde, è una sfida epocale che va in questa direzione.

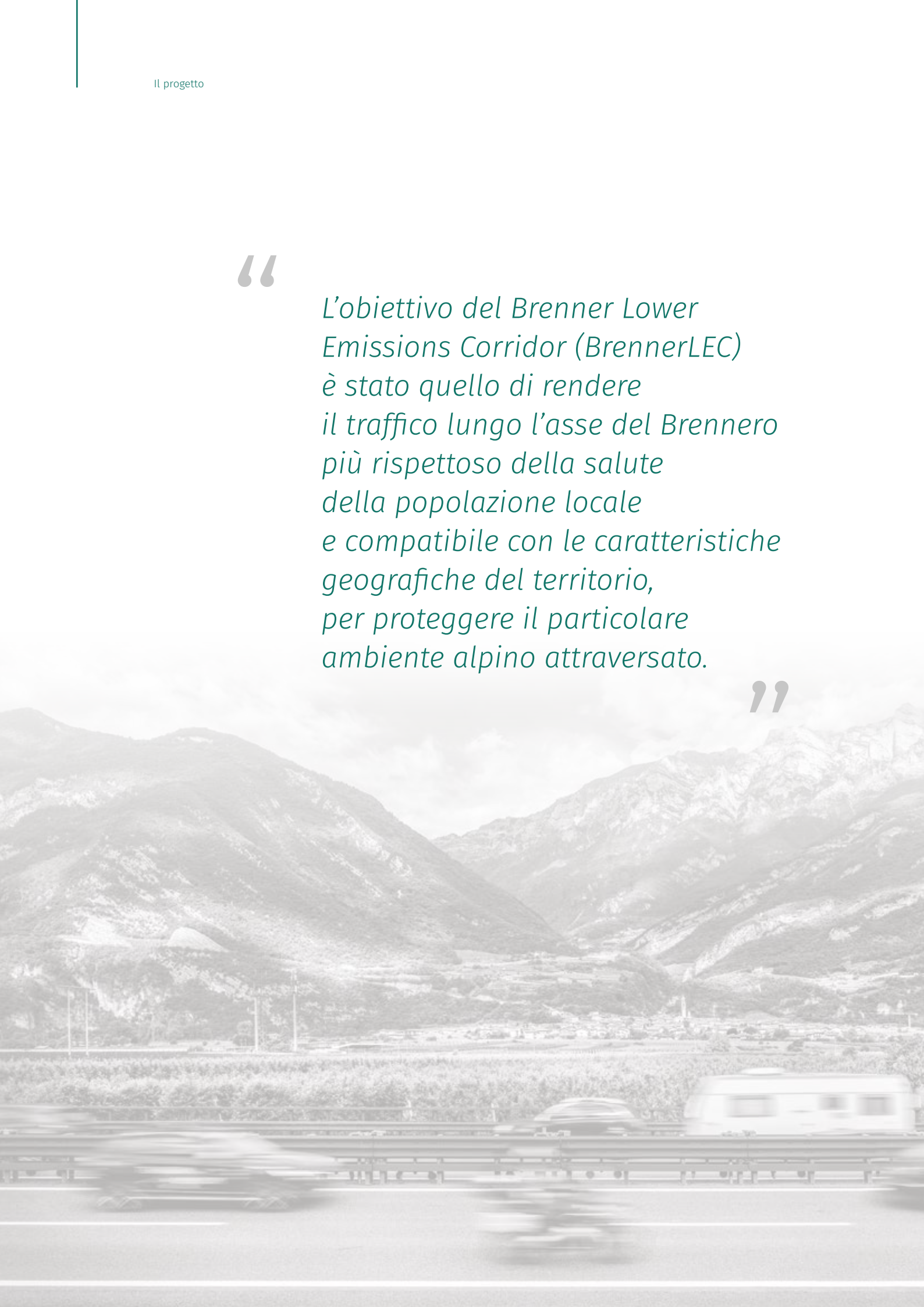
Tornando nel campo specifico della mobilità e calandosi in una realtà, quella dell'autostrada Brennero-Modena, che da un lato deve garantire il collegamento tra la prima e la seconda manifattura d'Europa, Germania e Italia, e dall'altro ha il dovere di tutelare uno dei più delicati ecosistemi del mondo, quello alpino, il progetto BrennerLEC (Brenner Lower Emissions Corridor) è stato il tentativo riuscito di affrontare contemporaneamente due problematiche correlate: il traffico intenso e l'inquinamento atmosferico. La chiave di volta è rappresentata dall'aver introdotto l'idea di una gestione dinamica del traffico veicolare, abitualmente lasciato alla sommatoria caotica e razionalmente non organizzata dei comportamenti individuali. In estrema sintesi, abbiamo sviluppato un algoritmo che,

sulla scorta di variabili quali l'intensità del traffico in atto e prevista, la qualità dell'aria e le condizioni meteo, è in grado di indicare agli operatori del CAU (Centro Assistenza Utenza) la velocità ideale per ridurre al minimo le turbative prodotte da accelerazioni e frenate riducendo, al contempo, le emissioni inquinanti. Come sarà esposto più avanti in maniera puntuale, questo ha permesso di diminuire contemporaneamente l'incidentalità, i tempi di percorrenza e l'inquinamento. Quello della gestione proattiva e dinamica del traffico è un modello che estenderemo e che ci permetterà, ad esempio con le terza corsia dinamica, di garantire spostamenti più rapidi e sicuri senza consumo di ulteriore suolo. Il costo è dato dall'investimento in tecnologia, senza la quale una gestione proattiva del traffico è impossibile, ma si tratta di un costo virtuoso.

Un'altra cosa mi preme dire: sebbene Autostrada del Brennero Spa abbia una radicata tradizione in materia di attenzione all'impatto ambientale e di ricerca, è evidente che nessuno raggiunge grandi risultati da solo. Va quindi dato atto alla Commissione Europea di aver creduto nel progetto e di averlo inserito nell'ambito del programma LIFE. Vanno ringraziate le Province Autonome di Trento e Bolzano che hanno supportato la sperimentazione e vanno ringraziati in particolare tutti i partner del progetto: le Agenzie per l'ambiente di Trento e di Bolzano, l'Università di Trento, CISMA, un'azienda locale specializzata in valutazioni ambientali, nonché nello sviluppo e utilizzo di algoritmi di calcolo e NOI Techpark, Centro di innovazione tecnologica a supporto dell'industria locale, con competenze specifiche nel campo della "smart mobility". A tutti loro va il merito di aver concluso felicemente la fase sperimentale e di aver quindi reso possibile il lancio di BrennerLEC After-LIFE, che si prefigge l'obiettivo di estendere le aree autostradali sottoposte alle misure da me sinteticamente descritte.

Il progetto

“L’obiettivo del Brenner Lower Emissions Corridor (BrennerLEC) è stato quello di rendere il traffico lungo l’asse del Brennero più rispettoso della salute della popolazione locale e compatibile con le caratteristiche geografiche del territorio, per proteggere il particolare ambiente alpino attraversato.”



Il progetto

L'obiettivo del Brenner Lower Emissions Corridor (BrennerLEC) è stato quello di rendere il traffico lungo l'asse del Brennero più rispettoso della salute della popolazione locale e compatibile con le caratteristiche geografiche del territorio, per proteggere il particolare ambiente alpino attraversato.
Inoltre, il progetto prevedeva anche di affrontare una sfida più ampia: incrementare la sicurezza stradale, aumentare la capacità e ottimizzare i flussi di traffico, riducendone l'impatto ambientale e garantendo il minimo disagio agli utenti della strada.
Un corridoio a basse emissioni (in inglese Low Emission Corridor - LEC) è stato implementato lungo un tratto di prova dell'autostrada A22. Lungo tale corridoio sono state applicate misure di controllo del traffico autostradale per ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici generate dal traffico di transito senza limitare la circolazione dei veicoli.

In condizioni di flusso libero:

- Riduzione di circa il 10% delle concentrazioni di NO_2 su strada con una abbassamento della velocità media di 14 km/h.
- Riduzione di circa l'8% delle emissioni di CO_2 e del 16% delle emissioni di NO_2 in caso di volumi di traffico più elevati che determinano un maggiore condizionamento della guida.

In condizioni di traffico altamente congestionato:

- Riduzione di circa il 10% dei tempi di viaggio con volumi di traffico simili e riduzione delle situazioni di congestione.
- Miglioramento significativo delle condizioni di sicurezza del traffico (tasso di incidentalità quasi nullo con limiti dinamici di velocità attivi).

Il progetto quinquennale è iniziato nel settembre 2016 e si è concluso nel settembre 2021. Un totale di quasi 5.500 ore di test condotti durante il progetto ha

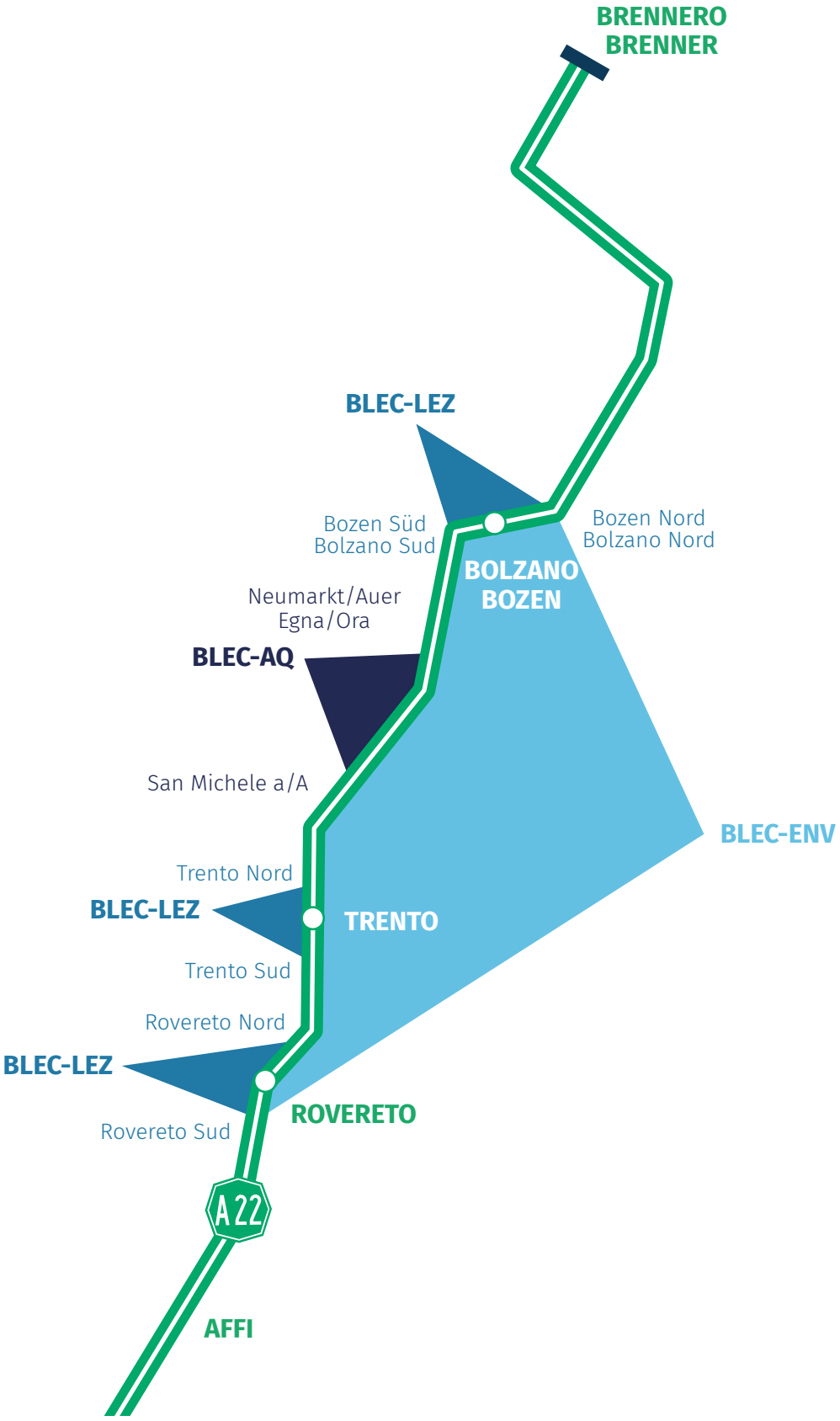
prodotto una solida evidenza che dimostra i benefici delle misure di controllo testate su ambiente, flussi di traffico e sicurezza.
Per garantire benefici a lungo termine oltre la durata del progetto, i risultati di BrennerLEC sono diventati la base per il Corridoio Digitale del Brennero a basse emissioni, che mira a replicare su ampia scala le misure di controllo testate (insieme ad altre misure) sull'intera autostrada A22.

Partner

Autostrada del Brennero è il costruttore e il gestore dell'autostrada A22 dal 1959 e ha così esperienza nella gestione di un'autostrada a stretto contatto con l'ambiente alpino. Deve inoltre affrontare quotidianamente i problemi legati alla gestione del traffico pesante e turistico.
Le **Agenzie per l'Ambiente di Trento e Bolzano** sono le autorità provinciali per il controllo e la gestione della qualità dell'aria e responsabili della pianificazione delle politiche di protezione ambientale.
L'**Università di Trento** fornisce competenze scientifiche in ingegneria ambientale, in particolare nel settore della meteorologia e nella gestione di modelli matematici di previsione.
CISMA è una società locale specializzata nelle valutazioni ambientali e nello sviluppo e utilizzo di algoritmi di calcolo complessi per implementare sistemi di supporto alle decisioni.
NOI Techpark è un centro di innovazione tecnologica a supporto dell'industria locale con competenze specifiche nel campo della *smart mobility* e con diverse esperienze nella gestione di progetti UE. NOI Techpark ha sostituito IDM Südtirol / Alto Adige nel consorzio dal 1.1.2019.
Il progetto è stato sostenuto anche esternamente da osservatori con valore tecnico e strategico. Tra questi, il Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), il Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili (MIMS), il gestore autostradale austriaco (ASFINAG) e le Agenzie per l'Ambiente delle Regioni Lombardia, Emilia Romagna e Veneto.

Misure di controllo e aree di test

Luogo: Tratto autostradale A22, lungo 91 km, tra Bolzano Nord e Rovereto Sud (denominato "BLEC-ENV").
Obiettivo: Fungere da modello per l'estensione delle misure a tutto il tratto autostradale alpino.



Localizzazione delle misure implementate nel progetto

Durante il progetto sono state testate tre misure.

1. Gestione dinamica della capacità autostradale (BLEC-ENV) per ridurre i limiti di velocità in base ai livelli di flusso del traffico e introdurre temporaneamente una terza corsia aggiuntiva durante i periodi di traffico intenso.
2. Gestione dinamica dei limiti di velocità (BLEC-AQ) da applicare ai veicoli leggeri in base alle condizioni di qualità dell'aria attuali e previste.
3. Gestione dinamica integrata del traffico (BLEC-LEZ) per migliorare il coordinamento e la gestione dei canali informativi nelle aree urbane per guidare gli utenti della strada su percorsi raccomandati.

Per garantire risultati positivi le azioni dovevano essere proporzionali al loro beneficio potenziale. Per esempio, i limiti dinamici di velocità dovrebbero essere utilizzati solo quando le condizioni di traffico, meteo e qualità dell'aria previste e in tempo reale indicano che con la loro applicazione si possono ottenere impatti sostanziali.

Vista aerea del tratto autostradale A22 in Bassa Atesina

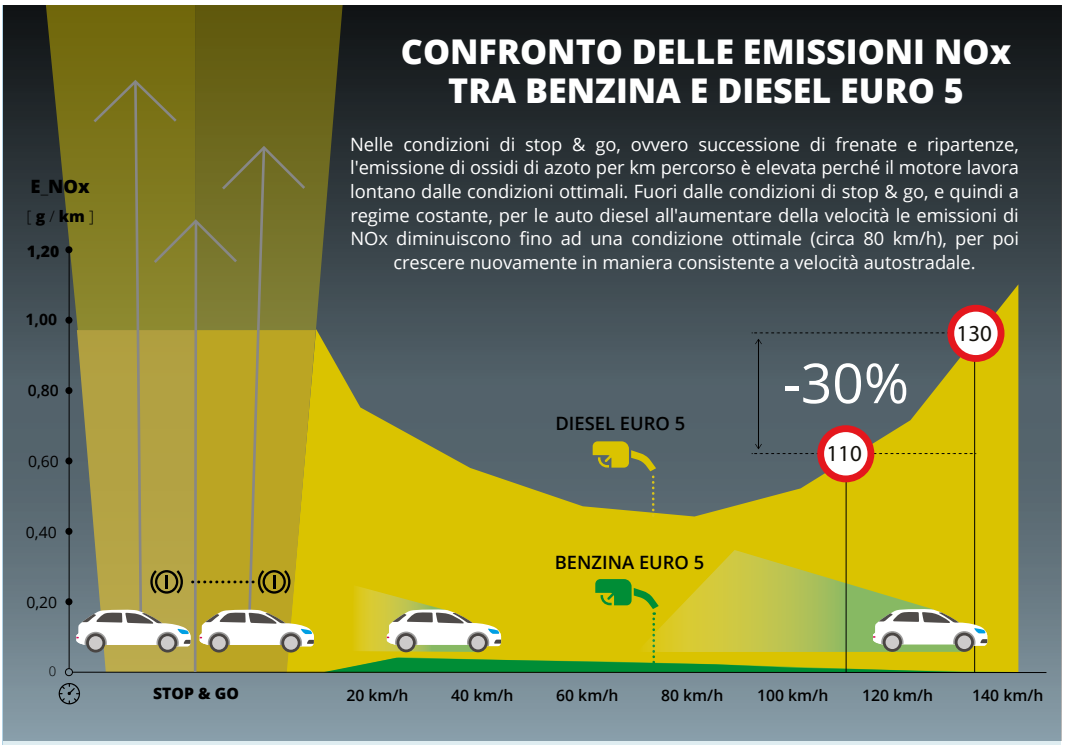
Il problema

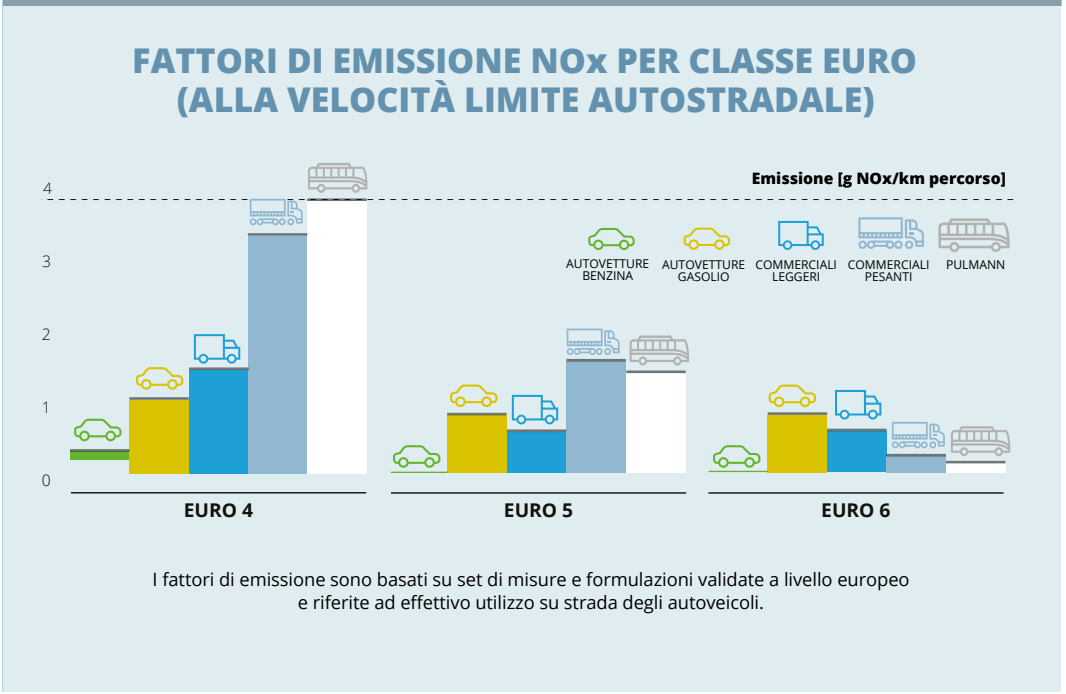
L'inquinamento atmosferico danneggia la salute umana e costa all'economia europea tra i 427 e i 790 miliardi di euro all'anno[1].
Le autorità cittadine europee stanno implementando zone a basse emissioni (in inglese Low Emission Zones - LEZ) per ridurre la concentrazione d'inquinanti atmosferici prodotti dal traffico urbano. L'accesso all'interno delle LEZ da parte dei veicoli più inquinanti è regolato attraverso il pagamento di un pedaggio oppure completamente negato.
Le aree urbane più piccole e le regioni montuose come nel caso delle Alpi hanno bisogno di soluzioni alternative o aggiuntive.
Durante l'estate, l'aria in fondo alle valli è generalmente pulita. Quando il sole splende e il vento soffia, un continuo ricambio d'aria mantiene bassi i livelli di inquinanti. In inverno, la situazione è invertita. Il ricambio d'aria è limitato e i livelli di inquinanti si concentrano in fondo alle valli.
Lungo le strade con elevati flussi di traffico, specialmente lungo le autostrade, è possibile che il livello di concentrazioni di biossido di azoto e di altri inquinanti atmosferici provenienti dal traffico superi i limiti accettabili stabiliti dall'Unione Europea. Il superamento di questi limiti indica un rischio potenziale per la salute umana e può causare patologie acute e croniche del sistema respiratorio e cardiovascolare e aumentare il tasso di morti premature.
L'autostrada A22 attraversa le città di Bolzano e Bressanone in Alto Adige e le città di Trento e Rovereto in Trentino. Si stima che il traffico sia responsabile di circa il 60 % delle emissioni complessive di NO_x (ossidi di azoto) generate nella regione.
Di conseguenza e con il contributo delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Province Autonome di Bolzano e Trento, un consorzio locale pubblico-privato ha deciso nel 2016 di attuare il progetto BrennerLEC (co-finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE).

Soluzione proposta: il corridoio a basse emissioni del Brennero

Il progetto Brenner Lower Emission Corridor (BrennerLEC) si è posto l'obiettivo di migliorare la qualità dell'aria, aiutare a proteggere il clima e ridurre il rumore.
Il concetto di "corridoio a basse emissioni" (LEC) è stato creato come parte del progetto. Il LEC utilizza misure di controllo del traffico autostradale per ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici generate dal traffico di transito senza limitare la circolazione dei veicoli.
Le misure di controllo si basano principalmente su limiti dinamici di velocità e sono rivolte principalmente alle autovetture diesel che tipicamente viaggiano a

[1] CAFE Reference Documents. European Commission. [Online] https://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/general/keydocs.htm.



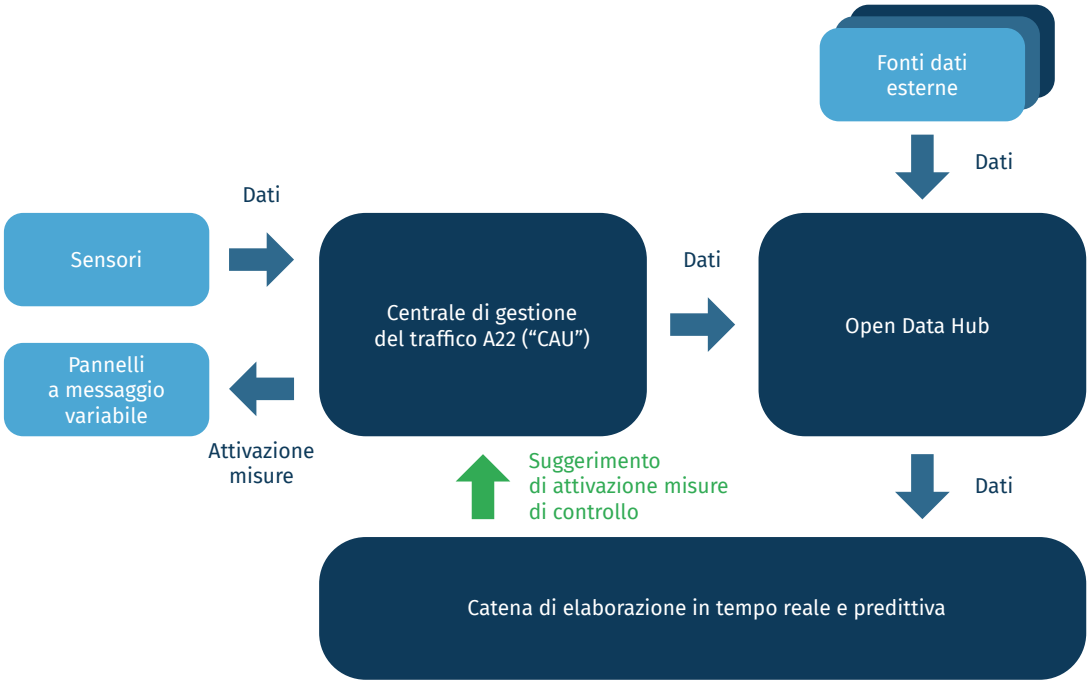


velocità più elevate e quindi producono maggiori emissioni di NO_x rispetto ai mezzi pesanti, che già viaggiano alla velocità ottimale.
Il progetto ha cercato di definire come utilizzare le misure di gestione del traffico per ottenere i maggiori benefici ambientali e di trasporto con i minori disagi per gli utenti della strada.

Fattori di emissione di NO_x per classe Euro

Il sistema tecnologico implementato

Un complesso sistema di traffico intelligente (in inglese intelligent transportation system - ITS) è stato sviluppato per permettere al centro di gestione del traffico dell'A22 di attivare dinamicamente i limiti di velocità.



La catena previsionale utilizza l'integrazione dei dati forniti dall'Open Data Hub2, una piattaforma aperta sviluppata da NOI Techpark, in cui vengono raccolte tutte le misure dei sensori rilevanti. La cosiddetta "macchina a stati" determina le condizioni del traffico in tempo reale e suggerisce diversi limiti dinamici di velocità in base ai livelli di congestione.
Per determinare quando i limiti dinamici di velocità sono necessari per affrontare elevati livelli di NO_2, vengono valutati i dati sulle emissioni generate dal traffico, le previsioni meteorologiche e la stabilità atmosferica nonché le stime delle concentrazioni di ossidi di azoto.
Il sistema supporta anche la gestione dinamica integrata del flusso di traffico tra l'autostrada e i principali centri urbani della regione, ad esempio per il reindirizzamento dei veicoli in transito.

Test

Un'intensa attività di test è stata portata avanti per cinque anni. I test sono stati per lo più divisi tra limiti dinamici di velocità innescati da condizioni di scarsa qualità dell'aria (principalmente caratterizzati dall'uso del pittogramma di velocità raccomandata) e limiti dinamici di velocità innescati da condizioni di traffico intenso.
Più di 4.700 ore di test sono state condotte con limiti dinamici di velocità innescati dalla scarsa qualità dell'aria, e più di 750 ore di test sono state effettuate con limiti dinamici di velocità innescati da condizioni di traffico intenso. Questi test si sono effettuati meno frequentemente, perché le condizioni necessarie sono tipicamente limitate al periodo natalizio e ai fine settimana primaverili/estivi.
In Italia, l'attivazione dei limiti dinamici di velocità per soli motivi ambientali non è attualmente consentita. Questo ha circoscritto significativamente il tasso di rispetto dei limiti dinamici di velocità e della capacità del progetto di misurare l'impatto di come tali limiti vengono rispettati da parte dei conducenti.
Per superare questa sfida, è stato utilizzato un concetto di "gamification". È stata sviluppata un'applicazione mobile che aggiunge o sottrae automaticamente i punti ad un conducente a seconda del suo rispetto dei limiti di velocità ridotti sull'autostrada. Gli utenti con il maggior numero di punti possono vincere dei premi. Più di 100 utenti hanno partecipato attivamente al progetto pilota, guidando più volte sul tratto di prova e raccogliendo punti; circa la metà è riuscita a guadagnare un punteggio positivo, cioè a rispettare in media la velocità ridotta di riferimento di 100 km/h.

Effetti della riduzione dinamica della velocità a fini viabilistici

“I risultati della sperimentazione confermano gli impatti positivi dell’applicazione dei limiti dinamici di velocità, sia per quanto riguarda il miglioramento della fluidità del traffico in giornate con un elevato numero di passaggi veicolari, sia in termini di miglioramento della qualità dell’aria.”

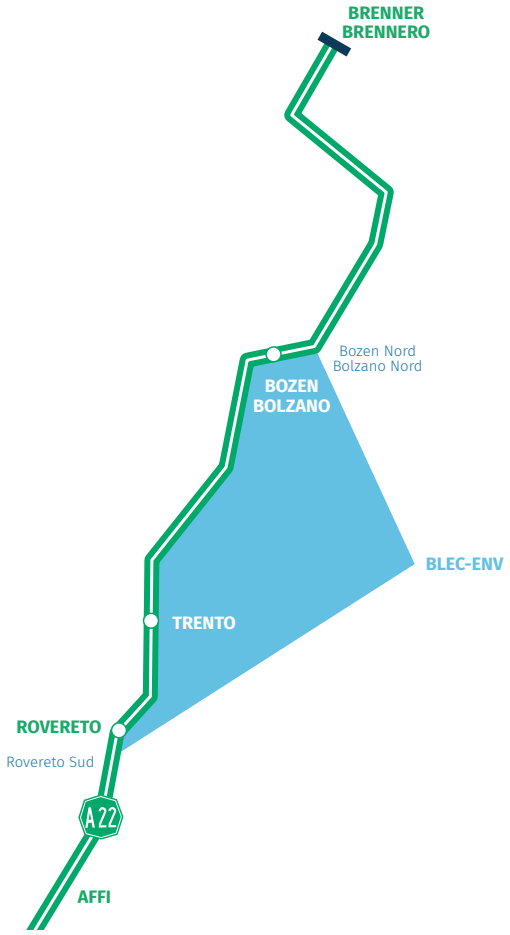
Effetti della riduzione dinamica della velocità a fini viabilistici

Introduzione

Una delle tre misure testate durante il progetto è stata la gestione dinamica della capacità autostradale e l'azione relativa a questa misura si è occupata in particolare dell'analisi, della sperimentazione e della calibrazione delle politiche di regolazione dinamica della capacità stradale e dei limiti di velocità ai fini della riduzione delle emissioni di gas climalteranti e di inquinanti atmosferici nei periodi di maggior afflusso di traffico.

Nello specifico, l'azione ha previsto l'applicazione sperimentale di due distinte politiche di intervento all'interno di un tratto autostradale significativo, denominato BLEC-ENV, che si è esteso, a regime, dalla stazione autostradale di Bolzano nord fino alla stazione autostradale di Rovereto sud per un totale di circa 90 km.

Sulla corsia sud di tale tratto, interessata da flussi veicolari molto intensi soprattutto durante i fine settimana estivi, si sono sperimentate progressivamente tecniche di gestione dei flussi veicolari operando con regimi di velocità variabile al fine di prevenire incolonnamenti e situazioni di stop&go, migliorare le condizioni di sicurezza e ridurre l'impatto ambientale.

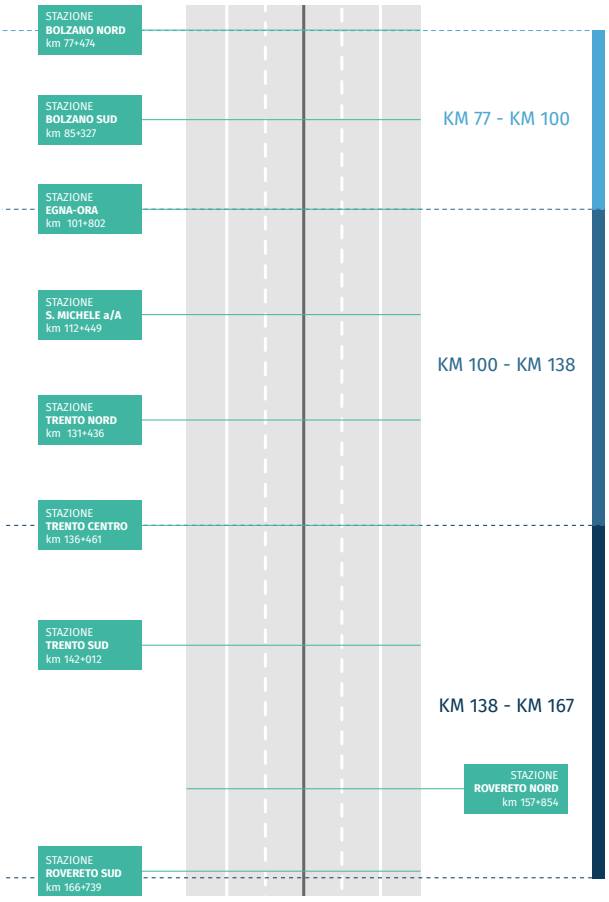


Tratto di sperimentazione BLEC-ENV

All'interno del tratto BLEC-ENV si è poi individuato un sottotratto, compreso tra le stazioni autostradali di Trento Sud e di Rovereto Sud, nel quale testare l'attivazione della corsia dinamica tramite l'utilizzo temporaneo della corsia di emergenza ai fini dell'aumento della capacità durante determinate situazioni di criticità.

Descrizione attività

La prima fase pilota ha riguardato la riduzione dei limiti di velocità in un tratto limitato, denominato BLEC-ENV, tra la stazione autostradale di Trento Sud e quella di Rovereto Sud, in carreggiata sud, durante i giorni con alti flussi di traffico. Durante tutta questa fase sono stati effettuati dei test con riduzione di velocità fino a 90 km/h. La maggior parte dei test è stata effettuata durante il periodo estivo negli anni 2017 e 2018, caratterizzato da alti volumi di traffico turistico. Gli operatori del Centro Assistenza Utenza (CAU), il centro di controllo del traffico di Autostrada del Brennero, hanno iniziato, da marzo a maggio 2017, testando principalmente una riduzione di velocità fino a 110 km/h; successivamente, da maggio 2017 ad aprile 2018, è stata testata la riduzione di velocità fino a 90 km/h.



Sotto-tratte del tratto di test BLEC-ENV

Si è poi convenuto di effettuare più test per raccogliere dati sufficienti a ottimizzare la misura prima di estendere il tratto di test ai 90 km previsti dalla seconda fase del progetto. Per questo motivo, la prima fase di test è stata estesa fino a settembre 2018.

Poiché è stato subito chiaro che senza un adeguato sistema di supporto, l'attivazione dinamica dei limiti di velocità sarebbe stata difficile da implementare con gli strumenti che gli assistenti del CAU avevano a disposizione, i partner del progetto hanno preso la decisione di posticipare l'estensione dei test al tratto

Bolzano Nord – Rovereto Sud, lungo 90 km, anticipando l'implementazione di una prima versione del sistema di supporto alle decisioni da integrare direttamente negli strumenti già in uso nel CAU di A22.
La prima introduzione di questo strumento per la gestione di tale tipo di sessione di test è datata agosto 2019, al termine della seconda fase di test pilota.
I test effettuati ad agosto e settembre 2019 sono stati fondamentali per consolidare le prime procedure interne per l'attivazione del limiti dinamici di velocità sulla base delle raccomandazioni fornite da questo nuovo strumento automatizzato.
Il risultato è stato la base per estendere la misura all'intero tratto di 90 km, che è stato avviato a dicembre 2019. Il tratto è stato diviso in tre sotto-tratte (T1: dal km 77 al km 100; T2: dal km 100 al km 138; e T3: dal km 138 al km 167), tipicamente caratterizzate da condizioni di traffico eterogenee.
Il controllo dei pannelli a messaggio variabile in queste sotto-tratte è gestito separatamente, ma in forma integrata in modo da evitare "salti" nella visualizzazione dei limiti dinamici di velocità agli utenti della strada.
Nella terza e quarta fase sono state effettuate complessivamente 83 giornate di test per un totale complessivo di oltre 552 ore di sperimentazione. L'elevato numero di test effettuati ha permesso al CAU di testare l'applicativo in più situazioni al fine di verificare la coerenza tra le misure reali e le indicazioni fornite dal modello e controllarne le funzionalità, proponendo correzioni e migliorie che hanno permesso di ottimizzare la gestione semi-automatica dei limiti di velocità.
La durata della terza fase di test, tuttavia, è stata piuttosto breve, poiché inaspettatamente interrotta dall'esplosione della pandemia COVID-19 nel marzo 2020, che ha determinato una significativa riduzione del traffico e in particolare la completa scomparsa delle situazioni di traffico pesantemente congestionato.
Al fine di garantire un adeguato completamento delle attività di test, i beneficiari del progetto hanno immediatamente definito un piano di recupero che è stato accettato dalla Commissione Europea. L'idea di base era di recuperare le sessioni di test previste per l'estate 2020 principalmente durante l'estate 2021, posticipando di conseguenza la fine del progetto da aprile 2021 a settembre 2021.
Nella pratica, l'emergenza COVID-19 ha purtroppo costretto a riavviare la fase finale di test solo nel giugno 2021. Il periodo complessivo in cui le attività di test non sono state possibili è stato quello compreso tra marzo 2020 e maggio 2021.
L'aspetto positivo di questa situazione di emergenza è stato quello di avere un'intera stagione (estate 2020) in cui le situazioni di traffico intenso sono state gestite senza limiti dinamici di velocità, con la possibilità di eseguire confronti più robusti con le analoghe situazioni di traffico vissute quando i limiti dinamici di velocità erano attivati.
Durante la fase finale di test i beneficiari del progetto sono riusciti ad avviare la sperimentazione della misura anche in direzione nord, in particolare dal km 142

(Trento sud) al km 87 (Bolzano sud). In questo modo, è stato possibile testare estensivamente tutte le misure del progetto che riguardano i limiti dinamici di velocità in entrambe le direzioni di marcia.

Dotazione necessaria per la sperimentazione

Necessaria per l'implementazione della misura è stata la preparazione di un'infrastruttura di comunicazione all'utenza, basata sull'installazione di pannelli a messaggio variabile (PMV).
L'installazione della rete di PMV è stata completata nel maggio 2018. La Società, per affrontare minori costi di installazione e creare il minore impatto ambientale e i minori disagi al traffico autostradale possibili, ha deciso di installare 9 PMV a bassissima potenza alimentati tramite pannelli solari. Altri 3 basati su questa tecnologia sono stati installati nel 2020.
Nell'ambito della misura descritta si è sviluppato un sistema centrale di gestione dei dati e un sistema di supporto alle decisioni, ad esso collegato, in grado di visualizzare su una semplice interfaccia le misure in tempo reale raccolte da quasi tutti i sistemi di monitoraggio.
Tale sistema è stato integrato nei cruscotti A22 che gli assistenti del Centro Assistenza Utenza (CAU) utilizzano attualmente, in modo da consentire un utilizzo e un'accettazione senza problemi dei nuovi componenti sviluppati. A causa della pandemia COVID-19, alcuni aspetti della catena di previsione hanno dovuto essere adattati o implementati diversamente. In particolare, è stato introdotto un metodo basato sui dati per il calcolo delle previsioni del traffico, al fine di affrontare meglio il carattere molto più imprevedibile dei modelli di traffico sulla A22. Durante l'ultimo periodo del progetto sono state completate anche diverse attività di fine-tuning, principalmente per migliorare ulteriormente l'affidabilità e l'efficienza dell'intera catena del sistema causata da fattori esterni associati alla pandemia COVID-19; per esempio, i controlli automatici evitano di attivare i limiti dinamici di velocità in caso di eventi imprevedibili come la presenza di volumi di traffico scarsi. Questi sforzi sono andati anche nella direzione di implementare un maggiore livello di automazione considerando che i limiti dinamici di velocità

Pannello a messaggio variabile fotovoltaico
utilizzato nel progetto

vengono attivati dagli operatori del CAU: questo processo è sempre supervisionato, ma l'approvazione è stata trasformata in un più semplice "controllo" delle raccomandazioni fornite dal sistema. Questa attività ha riguardato anche un continuo lavoro di messa a punto e miglioramento delle logiche di attivazione delle misure, ad esempio la raccomandazione di limiti di velocità in caso di volumi di traffico intensi in base allo stato della sezione a valle.

Analisi dei test

Il progetto prevedeva di raccogliere fino alla fine del 2019 circa 50 sessioni di test valide per raccogliere indicazioni empiriche utili per impostare e configurare correttamente il sistema automatico di suggerimento del limite di velocità ottimale da visualizzare. In pratica, è stato possibile effettuare in questo periodo (fino a febbraio 2020) 151 sessioni di test valide. Anche se limitata ad un periodo più breve di quello originariamente previsto, la fase di validazione finale con il sistema complessivo in atto applicato sull'intera tratta BLEC-ENV è stata considerata sufficiente a consolidare gli impatti positivi e i benefici associati a questa misura.
La sperimentazione della riduzione dinamica della velocità prevedeva anche di provare l'apertura della corsia di emergenza in condizioni di traffico intenso (terza corsia dinamica), anche se in modo molto limitato (3 sessioni di test durante la fase iniziale, 6 sessioni di test durante la fase intermedia). Nonostante tutti gli sforzi messi in atto, non è stato possibile testare concretamente questa misura durante tutto il periodo del progetto.
Il primo problema riscontrato è stato legato alle squadre di soccorso da coinvolgere obbligatoriamente nell'attuazione di questa misura, che hanno richiesto ulteriori procedure di emergenza e ulteriori dettagli sulle interazioni di comunicazione tra tutti gli attori coinvolti, considerando il maggior numero possibile di scenari di salvataggio.
Si è deciso di sperimentare la corsia dinamica il giorno 8 dicembre 2019, che è storicamente un giorno di flussi di traffico molto intensi a causa del rientro di moltissimi turisti italiani dalla visita ai mercatini di Natale in Trentino - Alto Adige. Purtroppo un incidente nel tratto di interesse della corsia dinamica poco prima dell'attivazione del provvedimento non ha dato la possibilità di testarlo.
Le successive occasioni per testare la corsia dinamica si sarebbero dovute avere nella primavera del 2020, ma purtroppo l'esplosione della pandemia COVID ha determinato la presenza di volumi di traffico molto bassi, in particolare nei primi mesi. Inoltre, l'impossibilità di prevedere con precisione e con un certo anticipo le giornate con volumi di traffico adatti all'attivazione della corsia dinamica, causa volumi di traffico molto variabili in fase post-pandemia, non ha permesso di

organizzare altri test e ha indotto i partner del progetto a concentrarsi solo sulla misura di riduzione dinamica della velocità.
I partner del progetto si sono impegnati a considerare la sperimentazione di questa misura nel piano After-Life, insieme alle attività di estensione della misura di riduzione dinamica della velocità a un tratto più ampio dell'autostrada.

Risultati della sperimentazione sul tratto BLEC-ENV

I risultati della sperimentazione confermano gli impatti positivi dell'applicazione dei limiti dinamici di velocità, sia per quanto riguarda il miglioramento della fluidità del traffico in giornate con un elevato numero di passaggi veicolari, sia in termini di miglioramento della qualità dell'aria.
In particolare, l'applicazione dei limiti di velocità ridotti per l'ottimizzazione della capacità autostradale ha tratto beneficio dall'implementazione del sistema semi-automatico di gestione del traffico, che ha consentito di ottimizzare la gestione dinamica dei limiti di velocità con ricadute positive sulla riduzione delle situazioni di traffico congestionato e di conseguenza sulle emissioni di inquinanti.
Il sistema semi-automatico di gestione del traffico, in utilizzo da parte del CAU dall'estate 2019, ha permesso agli operatori di avere un suggerimento concreto rispetto all'andamento del traffico e ai limiti di velocità da esporre sui PMV.
L'analisi degli indicatori trasportistici in diverse giornate con traffico intenso ha evidenziato come l'utilizzo di tale sistema consenta di ottenere benefici significativi in termini di fluidificazione del traffico, con situazioni di stop&go meno frequenti, riduzione della durata delle turbative di 1-2 ore al giorno e una riduzione dei tempi di percorrenza del 10% anche con incremento dei volumi di traffico del 10%.

Effetti della riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

“È stato possibile misurare una riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto a bordo strada di circa il 10%.”

Effetti della riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

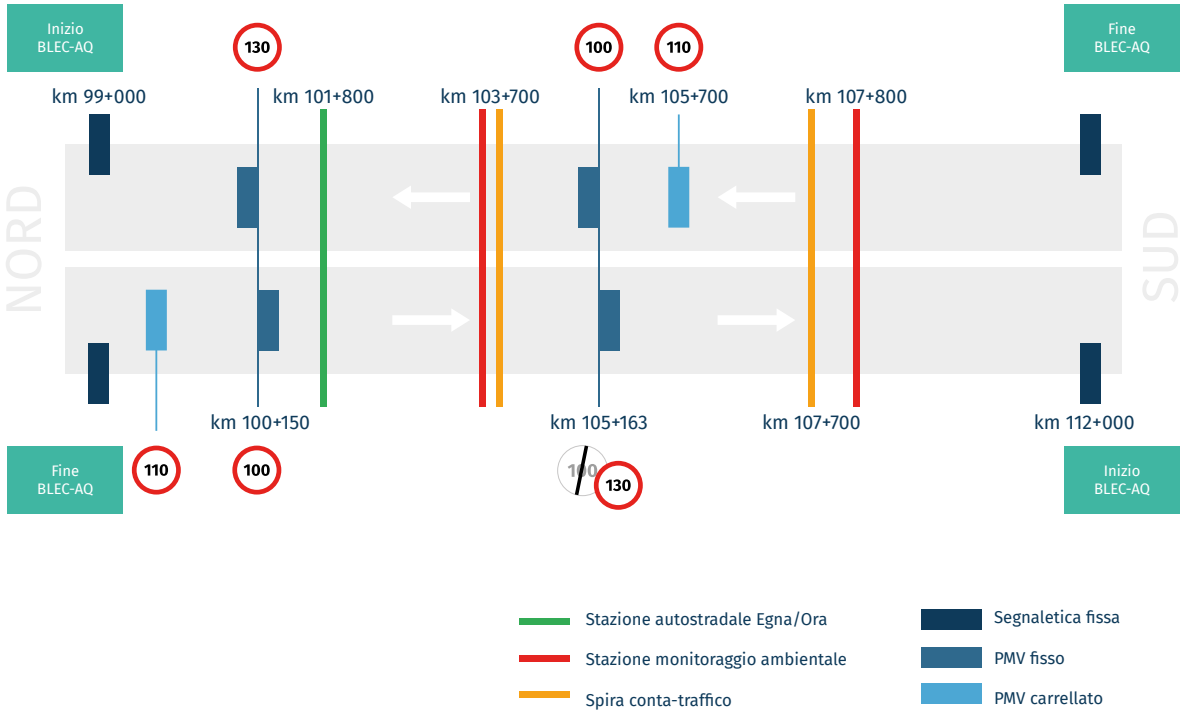
Introduzione

Questa misura riguarda l'applicazione dinamica dei limiti di velocità in funzione della necessità di ridurre le emissioni di ossidi di azoto prodotte dal traffico. La misura è stata sperimentata all'interno del cosiddetto tratto BLEC-AQ, identificato tra i caselli di Egna e S. Michele, per un'estensione complessiva di circa 20 km.

Descrizione attività

La sperimentazione si è articolata in diverse fasi, al fine non solo di quantificare i possibili benefici ambientali, ma anche per raccogliere elementi operativi utili alla configurazione del sistema di supporto alle decisioni per ottimizzare le attivazioni della misura in funzione di una reale necessità ambientale.

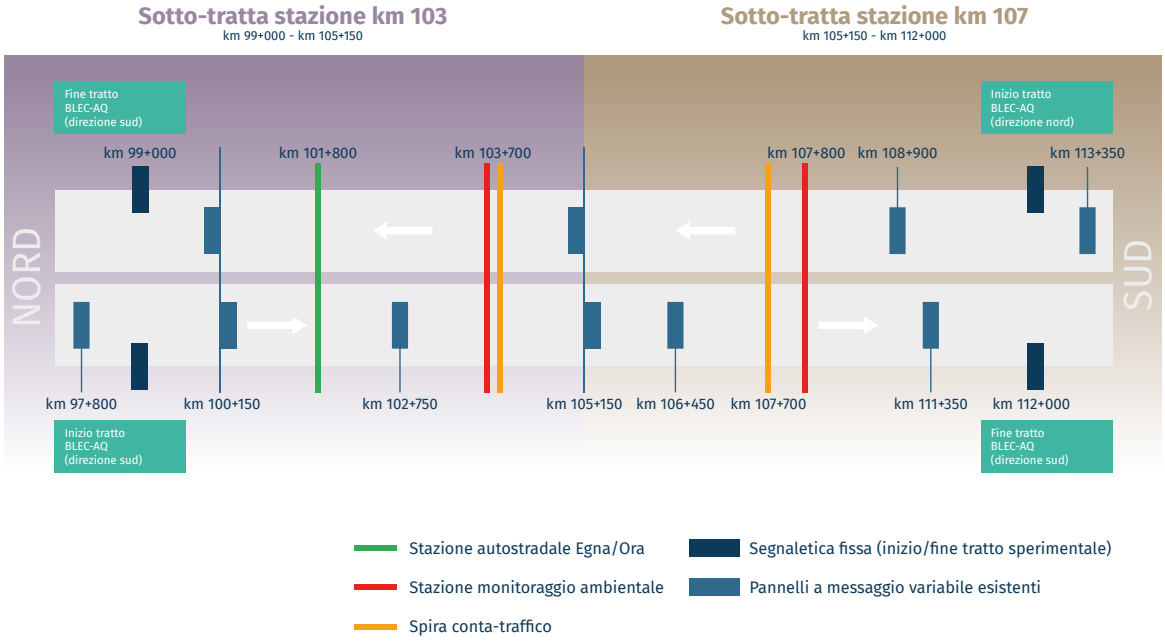
Durante la **prima fase di test**, durata da febbraio 2017 a giugno 2018 sono state effettuate circa 2.000 ore di test configurando il tratto di test come in Figura 1. Il limite cogente ridotto di velocità a 100 [km/h] è stato attivato in un tratto ristretto posto tra i pannelli a messaggio variabile a "cavalletto" posizionati tra il km 100+150 ed il km 105+163. Gli effetti della misura sono stati valutati all'interno della tratta di test, con un punto di monitoraggio del traffico e della qualità dell'aria posto al km 103+700, ed immediatamente al di fuori della tratta di test, con un punto di monitoraggio posto al km 107+800. In questo modo, vista l'assoluta comparabilità della tipologia e dei volumi di traffico misurati dai due punti di misura è stato possibile effettuare un confronto statisticamente molto robusto sull'impatto viabilistico ed ambientale prodotto da questa misura.
I test sono stati effettuati in condizioni di flusso di traffico libero e sono stati distribuiti in tutti i mesi dell'anno; inoltre, per ottenere una rappresentazione completa delle varie condizioni che sono presenti durante l'anno, queste prove sono state condotte con diverse durate e durante diverse ore del giorno.



Di queste prove, 1.367 ore sono state considerate valide, secondo i seguenti criteri: (i) riduzione della velocità calcolata come la differenza tra le velocità medie di due stazioni di conteggio del traffico situate al km 103+700 (sezione con limiti dinamici di velocità in azione) e 107+700 (sezione senza limiti dinamici di velocità in azione) maggiore di 10 km/h in ogni direzione di marcia; (ii) funzionamento completo delle attrezzature del sito di prova (pannelli a messaggio variabile, sistemi di monitoraggio); e (iii) assenza di eventi straordinari (ad esempio incidenti, eventi meteorologici). Il tasso iniziale di rispetto dei limiti di velocità degli utenti della strada è stato abbastanza soddisfacente: in media il 31% degli automobilisti ha rispettato il limite dinamico di 100 km/h esposto, con una velocità media di 109 km/h. È stata ottenuta una differenza di velocità media di 14 km/h rispetto al normale limite di velocità autostradale (130 km/h), che ha garantito la possibilità di effettuare robusti studi di valutazione ambientale della misura. In particolare, con questo tipo di risposta da parte dell'utenza autostradale è stato possibile misurare una riduzione delle concentrazioni di biossido di azoto a bordo strada di circa il 10%. Le riduzioni sono maggiori in condizioni di flussi di traffico intensi e di inversione termica, che sono le meno favorevoli per la dispersione degli inquinanti nell'atmosfera. Un effetto simile è stato osservato anche per le concentrazioni di black carbon, mentre la misura di riduzione dinamica della velocità non ha alcun effetto rilevante sulle concentrazioni di particolato, confermando come quest'ultime siano per lo più dominate da altre fonti inquinanti.

Configurazione del tratto sperimentale durante
la prima fase di test della misura "BLEC-AQ"

La seconda fase sperimentale è iniziata a luglio 2018 e si è conclusa a settembre 2019. I test sono stati effettuati con una modalità diversa: l'applicazione dei limiti di velocità è stata sostituita con l'esposizione di una velocità "raccomandata" dal momento che la normativa italiana attualmente non consente di esporre un limite cogente di velocità per pure finalità ambientali. Il set-up del tratto di test BLEC-AQ è stato adattato grazie all'installazione di nuovi pannelli a messaggio variabile alimentati con pannelli fotovoltaici, introdotti al fine di rendere più continuo il segnale di riduzione dinamica della velocità lungo la tratta.

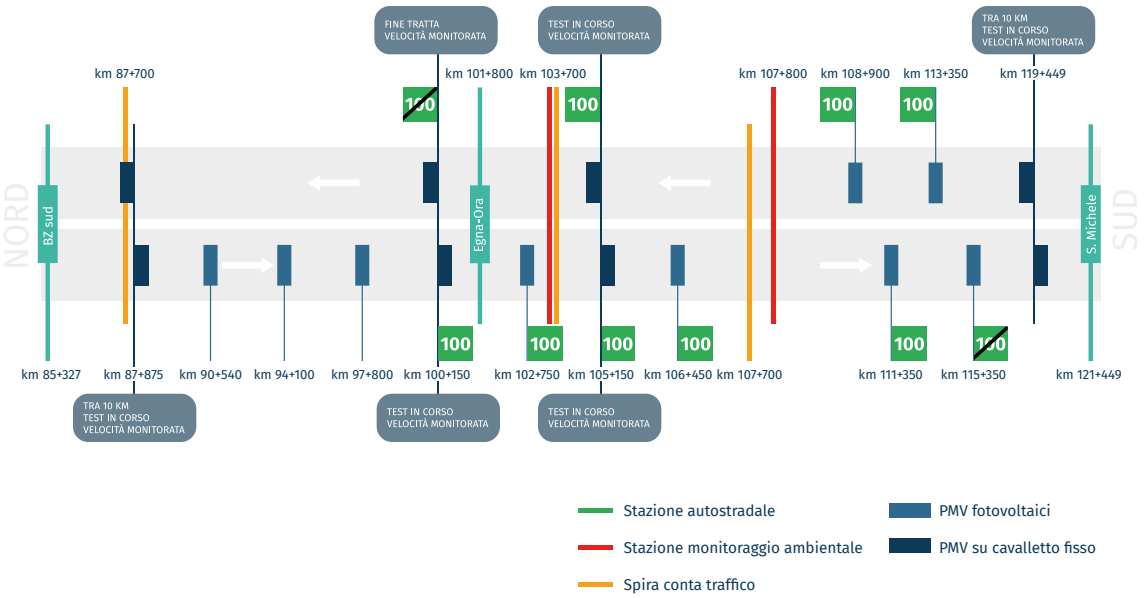


Sopra: Configurazione del tratto sperimentale durante la seconda fase di test della misura "BLEC-AQ"

Sotto: Stazione APPA Bolzano

In un primo periodo, le sessioni di prova programmate sono state effettuate limitatamente ad un sottotratto, variando la velocità raccomandata e il sottotratto in cui veniva applicata. Purtroppo, non sono state notate differenze significative con diverse velocità raccomandate ed è stato difficile osservare differenze di velocità significative in corrispondenza dei due punti di monitoraggio. Per questo motivo, a partire da dicembre 2018, la velocità raccomandata di 100 km/h è stata applicata a tutto il tratto BLEC-AQ. Durante il periodo natalizio, in corrispondenza di flussi di traffico più pesanti, sono state effettuate anche un paio di sessioni di prova con velocità raccomandata di 90 km/h. In totale, sono state effettuate 1.836 ore valide di test, con una riduzione media della velocità rispetto alle condizioni di non test di circa 5 km/h. Questo risultato non ha determinato significativi miglioramenti ambientali, confermando tuttavia le evidenze sperimentali osservate durante la prima fase di test. Le prove hanno anche evidenziato l'importanza dell'infrastruttura utilizzata per segnalare il limite di velocità. La presenza di un pannello a messaggio variabile a "cavalletto" (che copre l'intera larghezza di entrambe le carreggiate) con un testo e uno spazio per due pittogrammi si è rivelata molto più efficace di un semplice pittogramma applicato su un pannello a bandiera posto sul lato della carreggiata. Questo tipo di pannelli sono effettivamente utili per ripetere il segnale visualizzato all'inizio del tratto, ma si sono rivelati non sufficienti a rendere chiaro il passaggio ad un diverso regime di velocità.

La **terza fase di test** è iniziata con successo nell'ottobre 2019 con un set-up definito sulla base dell'esperienza raccolta nelle prime due fasi di test. Lo stesso set-up è stato utilizzato anche per l'ultima fase di test, con l'unica differenza di un pannello a messaggio variabile installato al km 116+800 (in direzione nord) che ha permesso di estendere il tratto BLEC-AQ fino al pannello a messaggio variabile a cavalletto posto al km 119+600.
Durante questa fase è stata introdotta una prima versione della catena modellistica. La catena è stata configurata per funzionare in una modalità puramente previsionale, senza tenere in considerazione i dati in tempo reale forniti dai sistemi di monitoraggio in campo. La catena modellistica è stata utilizzata principalmente per prevedere da un giorno all'altro le situazioni più adatte per l'attivazione dei limiti dinamici di velocità, ossia volumi di traffico sufficientemente elevati e condizioni meteorologiche stabili. Questa fase di test è stata utilizzata principalmente per consolidare le nuove procedure di controllo e gestione della misura con gli operatori del CAU, grazie anche ad una prima versione di un'applicazione digitale di supporto alle decisioni che è stata messa loro a disposizioni. Durante questa fase di test sono state considerate diverse soglie legate al traffico e alla meteorologia per l'attivazione della misura; queste modalità sono state chiamate "hard" e "soft", poiché determinavano una diversa frequenza nella comparsa



dei limiti dinamici di velocità sul tratto BLEC-AQ. La fase di test è stata interrotta nel marzo 2020 a causa dell'esplosione della pandemia COVID-19 che ha ridotto significativamente i flussi di traffico sulle autostrade nelle prime settimane di blocco generalizzato agli spostamenti.

La **fase finale di test** è stata lanciata ad ottobre 2020 e si è protratta fino a settembre 2021. Questa fase di test è stata caratterizzata dall'introduzione di una versione consolidata della catena modellistica. In questo caso l'attivazione dei limiti dinamici di velocità viene effettuata automaticamente in funzione di una complessa catena di calcolo, che si basa sul raggiungimento di un certo numero di ore annuali di attivazione. Questo obiettivo determina una soglia quantitativa di riferimento che viene calcolata sulla base delle condizioni di qualità dell'aria (concentrazioni di NO_2) misurate nell'anno precedente. Il sistema suggerisce un'attivazione dei limiti dinamici di velocità se tale soglia è inferiore alle condizioni previste per il giorno successivo. Vengono considerati anche i dati di qualità dell'aria in tempo reale, ma principalmente per verificare se le condizioni di traffico e di qualità dell'aria previste dalla catena modellistica siano sostanzialmente in linea con quelle effettivamente misurate. Nel caso in cui venga osservato un forte disallineamento tra condizioni reali e previste, le attivazioni dinamiche dei limiti di velocità vengono dinamicamente disabilitate. L'esecuzione di queste due fasi di test è stata portata a termine con successo, nonostante le difficili condizioni determinate dalla pandemia da COVID-19, che ha alterato significativamente la natura e la variabilità del traffico autostradale.

Configurazione del tratto sperimentale durante le ultime fasi di test della misura "BLEC-AQ"

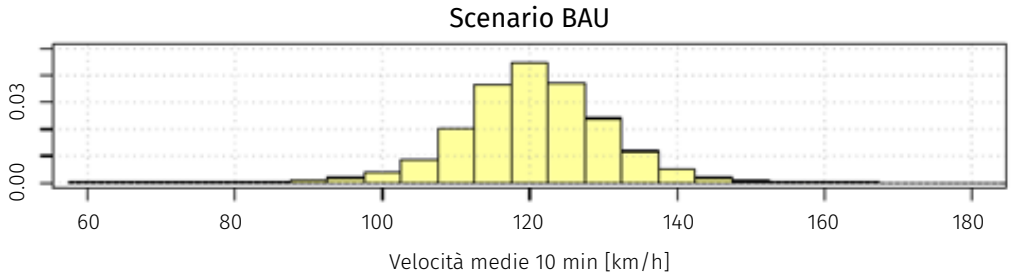
Durante l'ultima fase di test sono stati introdotti lievi ma continui miglioramenti sia a livello di catena modellistica che di procedure operative nel CAU. A regime il sistema è stato configurato in modo da consentire un'attivazione dinamica semi-automatica dei limiti di velocità sui pannelli a messaggio variabile, con un intervento minimo da parte degli operatori di centrale. In totale, sono state raccolte rispettivamente 1.310 ore (terza fase di test) e 1.308 ore di test (quarta ed ultima fase di test), che hanno consentito di valutare empiricamente e quantitativamente la fattibilità della misura proposta per affrontare l'impatto ambientale generato dai veicoli leggeri che viaggiano in autostrada.

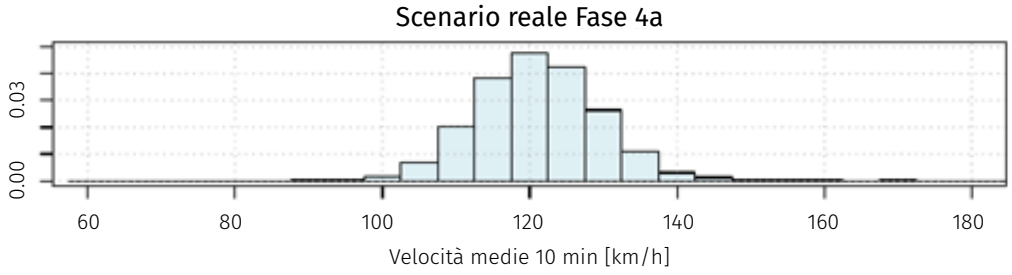
Risultati della sperimentazione sul tratto BLEC-AQ

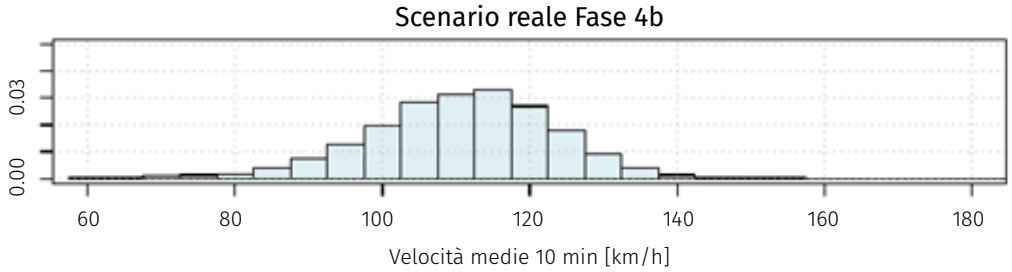
Grazie all'utilizzo di strumenti di modellazione avanzati calibrati sulla base delle misure empiriche raccolte, è stato possibile valutare l'impatto di scenari di riferimento associati all'applicazione di questa misura di gestione del traffico, anche di quelli che non è stato possibile verificare nella realtà a causa del quadro normativo attuale. Questi scenari, valutati in termini di emissioni (emissioni per veicolo), sono riassunti in Tabella 1 e si riferiscono ai profili di velocità di riferimento presentati in Figura 5.

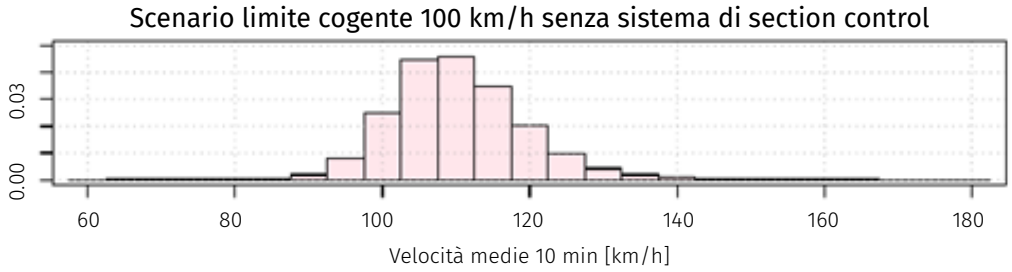
Scenario	Emissioni di NO_x (scenario / scenario BAU)	Emissioni di CO_2 (scenario / scenario BAU)
Business-as-Usual (BAU)	100%	100%
Indicazione di velocità raccomandata (fasi 2, 3, 4a)	95.8% (-4-2%)	98.1% (-1.9%)
Limite di velocità (fase 1)	88.0% (-12.0%)	93.9% (-6.1%)
Indicazione di velocità raccomandata (fase 4b)	83.5% (-16.5%)	91.6% (-8.4%)
Limite di velocità con sistema di controllo	74.6% (-25.4%)	87.1% (-12.9%)

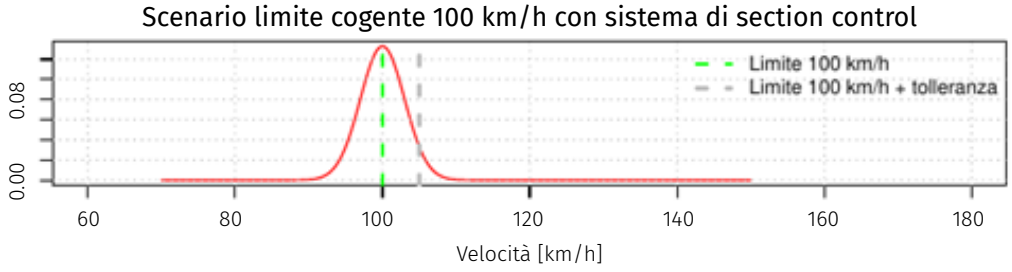
Stima della riduzione delle emissioni riferita a scenari tipo ed alle differenti fasi sperimentali in relazione alla misura di riduzione dinamica della velocità per motivi ambientali





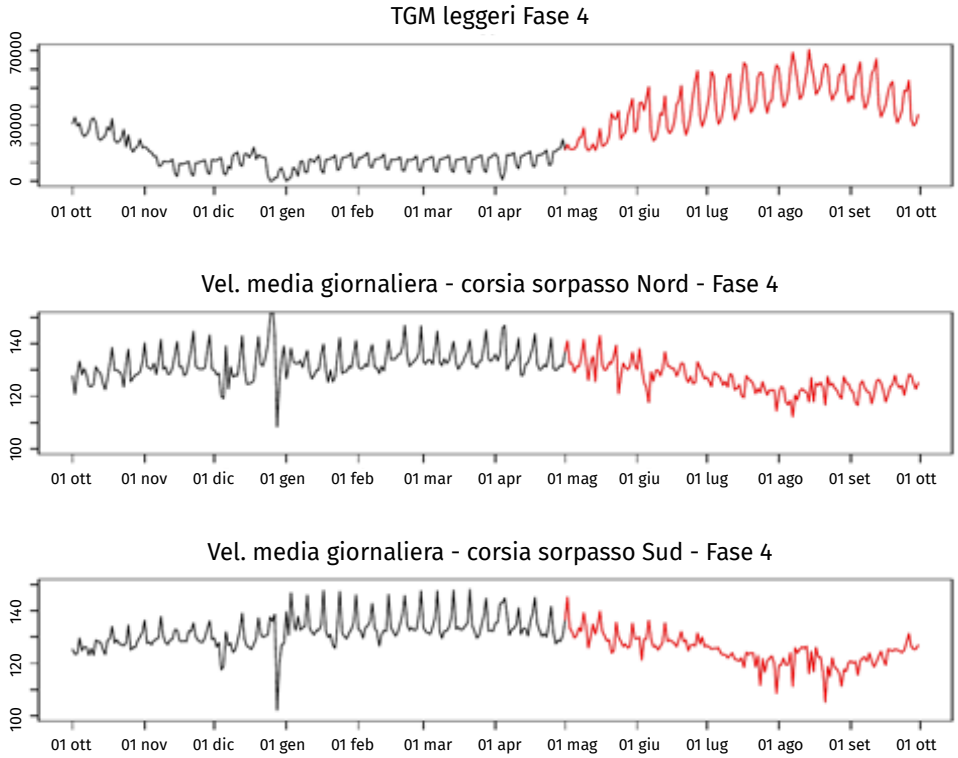






Pattern medi di velocità considerati per il traffico leggero per la stima della riduzione delle emissioni relativi alla misura di riduzione dinamica della velocità per motivi ambientali

È interessante notare che nell'ultima parte della fase finale della sperimentazione (la cosiddetta "fase 4b") il grado di rispetto della velocità raccomandata è stato molto maggiore rispetto al periodo precedente, determinando risultati di riduzione superiori a quelli osservati durante la fase 1. Questo è il motivo per cui questa sottofase è stata valutata separatamente. Come illustrato graficamente nella Figura 6, questo fenomeno è molto probabilmente associato al notevole aumento dei volumi di traffico registrato a partire da maggio 2021. È importante sottolineare che, mentre le emissioni per veicolo sono state ridotte, la quantità complessiva di emissioni prodotte è stata superiore, a causa dell'aumento del numero di veicoli in circolazione.



I risultati empirici hanno confermato in maniera inequivocabile come l'utilizzo del comune pittogramma di limite di velocità abbia determinato risultati decisamente più significativi rispetto al meno conosciuto pittogramma di "velocità consigliata" in autostrada.

Sopra: Aumento dei volumi di traffico durante la fase "4b" (evidenziata in rosso)

Sotto: Pittogramma di limite di velocità (a sinistra) e di velocità consigliata (a destra)

Per fronteggiare questa problematica, sono state attuate tutta una serie di azioni correttive per cercare di ottenere risultati soddisfacenti in termini di rispetto dei limiti dinamici di velocità. In primo luogo, si è cercato di potenziare ulteriormente le attività di comunicazione e coinvolgimento dell'utenza, al fine di ricercare un rispetto volontario di questo tipo di misura.
Tra le innumerevoli azioni messe in campo dal progetto va sicuramente citato lo sviluppo di una APP in grado di monitorare automaticamente il comportamento di guida degli utenti della strada nel tratto sperimentale e di premiare coloro che rispettano i limiti di velocità ridotti. Questa APP è stata implementata da un'azienda locale (Top Evolution) sulla base di un'APP esistente chiamata Shelly. L'APP è arricchita anche da un'interfaccia audio, al fine di ricordare al conducente in maniera sicura quando sta entrando o uscendo dall'area di prova. Il concorso, lanciato nel novembre 2019, è stato purtroppo interrotto a causa dell'emergenza COVID-19 nella primavera del 2020. L'iniziativa di sensibilizzazione è stata poi riattivata nell'ottobre 2020 fino alla conclusione del progetto. Durante l'interruzione sono stati introdotti diversi miglioramenti al sistema tecnico e diverse semplificazioni per la partecipazione al concorso. Nonostante gli sforzi di comunicazione per promuovere questo concorso, la situazione di emergenza non ha permesso di ottenere una massa critica di utilizzatori del sistema tali da generare dei risultati più significativi di rispetto dei limiti dinamici di velocità. Tuttavia, questa esperienza è stata molto utile per testare questo tipo di approccio incentivante e per capire come l'intero sistema e la competizione potrebbero essere proposti in futuro per determinare cambiamenti sostanziali nel comportamento di guida degli automobilisti e benefici rilevanti derivanti dall'applicazione di questo tipo di misura, anche in regime di velocità consigliata.

BRENNER LEC
lower emissions corridor

Tabella Velocità in km/h

	< 90	90 - 100	100 - 110	110 - 130	130 - 150	> 150
Limite 110	0	10	10	-5	-10	-40
Limite 100	0	10	-5	-10	-15	-50

Punti attuali: 10

Iscriviti

Schermata legata al concorso BrennerLEC
nell'APP Shelly

L'esperienza condotta con l'attivazione dei limiti dinamici di velocità ha già visto un primo utilizzo produttivo di questo tipo di misura da parte di Autostrada del Brennero. Nello specifico durante le situazioni di coda di mezzi pesanti sulla corsia di marcia è stato deciso di abbinare alla messaggistica di coda anche il pittogramma di riduzione (obbligatoria) della velocità. La misura viene oggi applicata sull'intero tratto BLEC (Brennero - Affi) in entrambi i sensi di marcia con diversi limiti di velocità (110 km/h nel tratto Affi - Bolzano Sud, 100 km/h nel tratto Bolzano Sud - Brennero).

Prospettive di sviluppo futuro

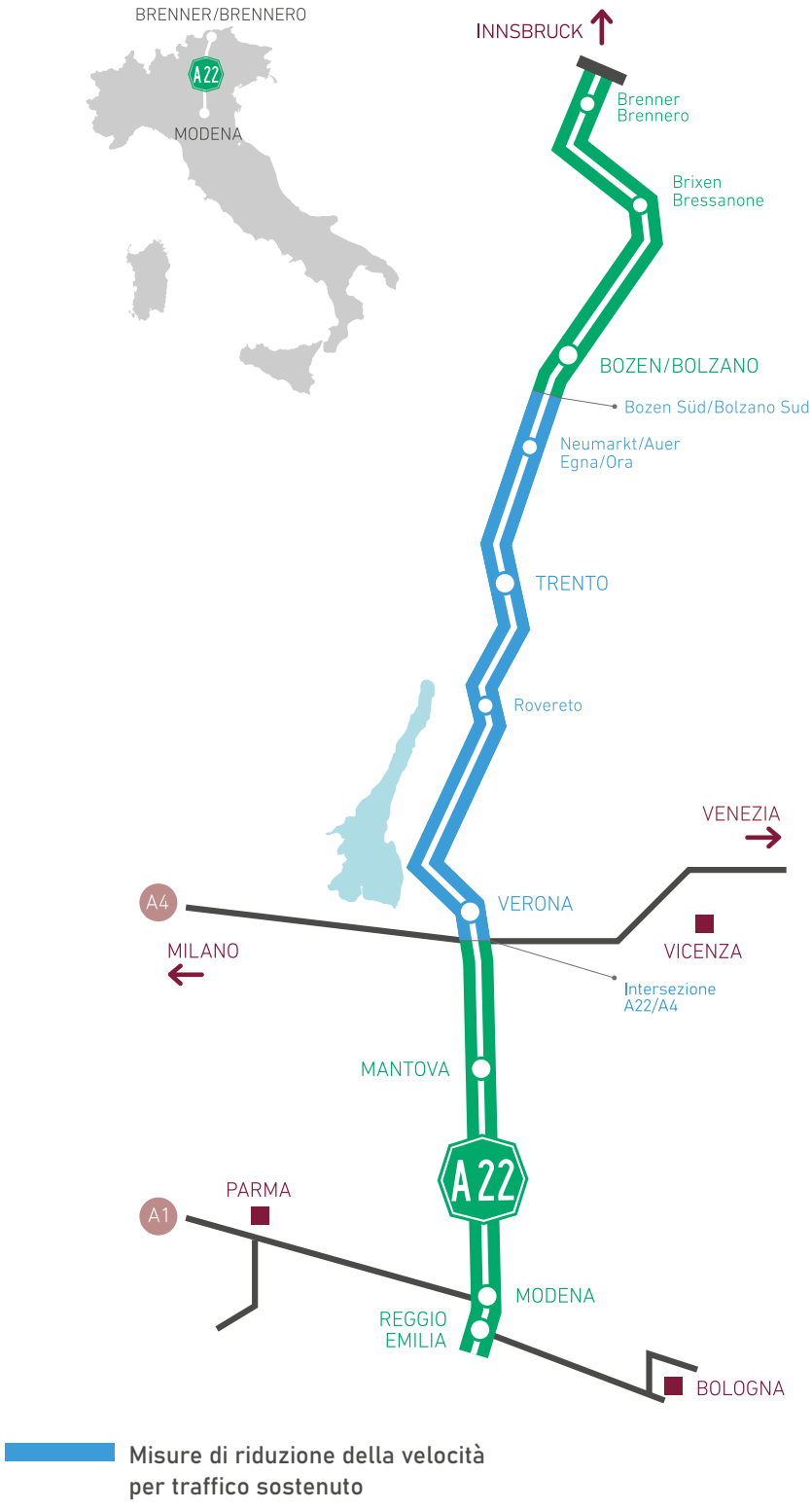
“I partner coinvolti nel progetto BrennerLEC hanno sottoscritto un accordo (...) dando vita all’iniziativa BrennerLEC after-LIFE, al fine di mantenere ed estendere la portata delle misure sperimentali testate.”

Prospettive di sviluppo futuro

In data 20 gennaio 2022 i partner coinvolti nel progetto BrennerLEC hanno sottoscritto un accordo che prevede di mantenere la collaborazione strategica ed operativa avviata nell'ambito di tale progetto, dando vita all'iniziativa BrennerLEC after-LIFE, al fine di mantenere ed estendere la portata delle misure sperimentali testate. Gli ambiti principali di collaborazione riguardano l'implementazione del piano after-LIFE definito a fine progetto, il monitoraggio dei benefici associati alle misure di gestione del traffico, l'elaborazione di un rapporto annuale sulla qualità dell'aria presso i maggiori centri abitati interessati dal percorso autostradale e il bilancio emissivo annuale degli ossidi di azoto e dei gas climalteranti per ogni tratta autostradale del Trentino - Alto Adige, nonché il mantenimento e la continua implementazione del sistema tecnologico sviluppato.
Le attività di replicazione illustrate nel presente documento verranno realizzate tutte nel triennio 2022-2024.

Misure di replicazione (BrennerLEC After-LIFE) della riduzione dinamica della velocità a fini viabilistici

Durante il progetto è stato possibile porre le basi per trasformare ciò che era stato attuato solo a livello sperimentale in misure stabili per la gestione efficiente dei flussi di traffico autostradale, con un'attenzione particolare alla protezione dell'ambiente sensibile che attraversano. Il primo passo è stato quello di consolidare il modo in cui le misure proposte potevano essere estese all'intera parte alpina dell'autostrada A22.
Per quanto riguarda la replica della misura di riduzione dinamica della velocità ai fini viabilistici, essa è legata alla prevista estensione della tratta abilitata all'attivazione della corsia dinamica, ora limitata al solo tratto Trento Sud (km 142+850) - Rovereto Sud (km 166+739) in direzione Sud (circa 28 km). Si prevede di estenderlo al tratto Bolzano Sud (km 85+327) - Verona Nord (km 225+372), per entrambe le direzioni di marcia. Il lavoro di adeguamento delle infrastrutture

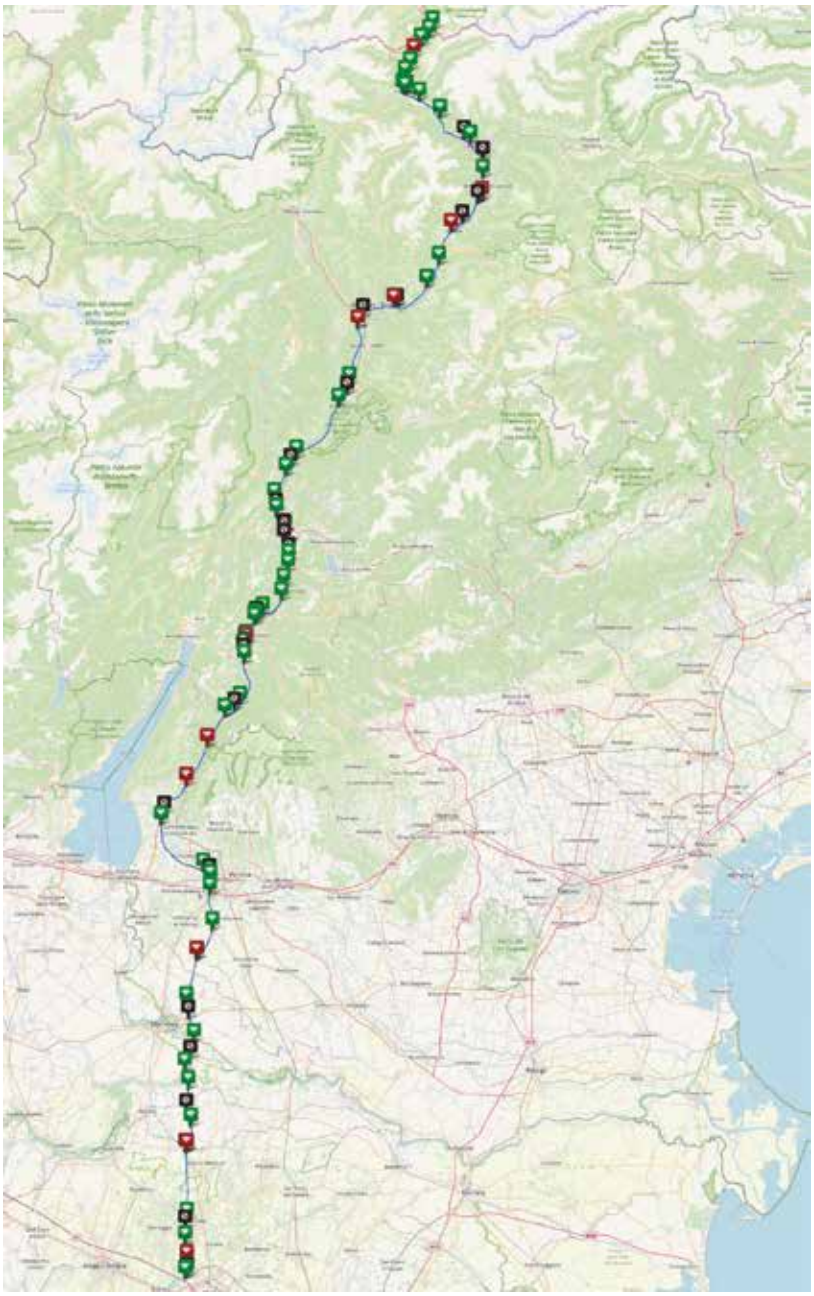


Area di replicazione della misura di riduzione dinamica della velocità ai fini viabilistici

è già stato completato negli anni passati; l'attività mancante è la completa messa a punto dei sistemi ITS necessari (es. PMV, sistemi di monitoraggio del traffico, ecc.). L'analisi dettagliata dei modelli storici di traffico ha confermato l'idoneità ad applicare la riduzione dinamica della velocità innescata dalle condizioni di traffico in tutto il tratto abilitato per la corsia dinamica. In realtà, quest'ultima può essere vista come l'ultimo "stadio" della complessa macchina di stato sviluppata in BrennerLEC per la raccomandazione automatica dei limiti di velocità, da attivare solo in casi molto limitati in combinazione con un limite di velocità ridotto a 80 km/h (attualmente l'ultimo stadio della macchina a stati). Questo investimento rilevante è già incluso nel Piano Finanziario di Autostrada del Brennero e sarà avviato una volta che le autorità nazionali di riferimento approveranno formalmente il rinnovo della concessione per la gestione dell'autostrada.
I risultati empirici hanno suggerito tre principali miglioramenti da investigare ulteriormente nel periodo di replicazione del progetto (BrennerLEC After-LIFE).
In particolare:

- la possibilità di forzare il sistema di supporto alle decisioni ad attivare i limiti dinamici di velocità in un sottotratto a monte in base alle condizioni del sottotratto a valle. Questa funzionalità è stata consolidata e implementata, ma mai testata nell'ambito del progetto;
- la possibilità di anticipare ulteriormente la prima attivazione di tutti i limiti dinamici di velocità. I risultati empirici hanno dimostrato che questo è un aspetto fondamentale da affrontare per garantire un'efficiente stabilizzazione dei modelli di traffico, e la logica attuale ha dimostrato che in alcuni casi la raccomandazione di attivazione viene fornita troppo tardi;
- una presentazione più visibile dei limiti dinamici di velocità agli utenti della strada anche in presenza di eventi di traffico. In caso di un evento di traffico con priorità più alta, questo viene visualizzato sul pannello a messaggio variabile al posto delle informazioni relative alla riduzione dinamica della velocità, e questo ha dimostrato di portare a situazioni di stop&go inefficienti durante gli ingorghi. La soluzione che verrà implementata è quella di mantenere sempre visualizzato il pittogramma di riduzione dinamica della velocità anche in tali condizioni.

Un aspetto chiave che sarà promosso è il processo di digitalizzazione e la diffusione delle tecnologie C-ITS, che renderanno le misure proposte molto più efficaci. In questa prospettiva, lo scambio automatico in tempo reale di dati rilevanti sul traffico e la definizione congiunta di processi per gestire determinate situazioni target sarà una delle prime attività concrete che verranno realizzate.
Ma Autostrada del Brennero si è già mossa in tal senso. Infatti, l'implementazione delle soluzioni ICT previste in BrennerLEC sono complementari all'implementazione che Autostrada del Brennero sta portando avanti nell'ambito di altri progetti



finanziati dalla Commissione Europea. Nell'ambito del progetto C-Roads Italy e C-Roads Italy 3 sono già state installate 63 road side unit fisse e 15 mobili in grado di comunicare dati da e verso i veicoli sulla base del protocollo ITS-G5.
Soprattutto, A22 ha iniziato ad adattare i sistemi di back-end del suo centro di controllo in modo da essere in grado di comunicare con i veicoli attraverso una comunicazione a corto raggio (attraverso il protocollo ITS-G5, in caso di messaggi relativi alla sicurezza) o a lungo termine (attraverso la rete mobile, in caso di messaggi non relativi alla sicurezza). Dal 2020 sono iniziate diverse dimostrazioni

Road Side Unit installate lungo l'A22

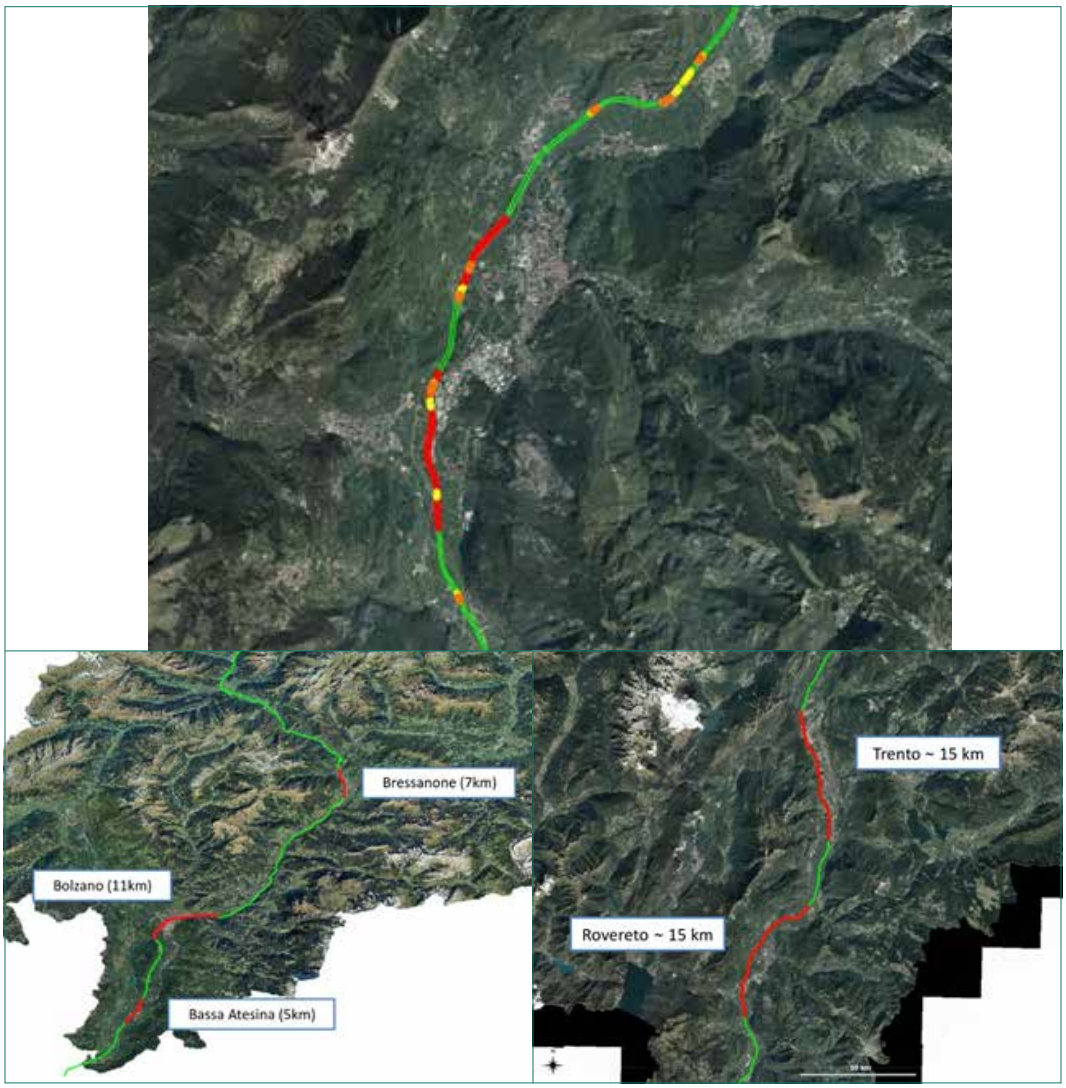
congiunte correlate al progetto BrennerLEC. La più avanzata è il caso d'uso testato nell'ambito del progetto 5G-Carmen, in cui è stato dimostrato il controllo cooperativo delle emissioni dei veicoli (Green Driving) e in particolare il suggerimento di riduzione di velocità ai fini ambientali (Advisory Speed Limits). Dal 2021 le prime case automobilistiche hanno iniziato a mettere sul mercato nuovi modelli di veicoli alimentati da questo tipo di tecnologie e a entrare in contatto diretto con A22 per garantire una corretta ricezione e visualizzazione a bordo di queste informazioni. Una volta che i veicoli avranno un maggiore livello di autonomia distribuito, la trasmissione dei limiti di velocità dinamica sarà tradotto anche in un adattamento automatico della velocità e di conseguenza in un livello molto più elevato di conformità di tale misura.

Misure di replicazione (BrennerLEC After-LIFE) della riduzione dinamica della velocità a fini ambientali

Per quanto riguarda il mantenimento e l'estensione di questa misura specifica in altri tratti autostradali, nell'ultima fase del progetto è stata effettuata un'analisi scientifica che ha individuato le aree più critiche in termini di condizioni di qualità dell'aria (Figura 8). Tale analisi ha combinato le concentrazioni medie annue di NO_2, derivate da modelli di simulazione e che considerano l'insieme delle fonti emissive presenti nella regione Trentino Alto Adige, con la presenza di edifici in prossimità dell'autostrada. L'intero tratto dell'A22 è stato classificato con una risoluzione di 2x2 km secondo le seguenti classi:

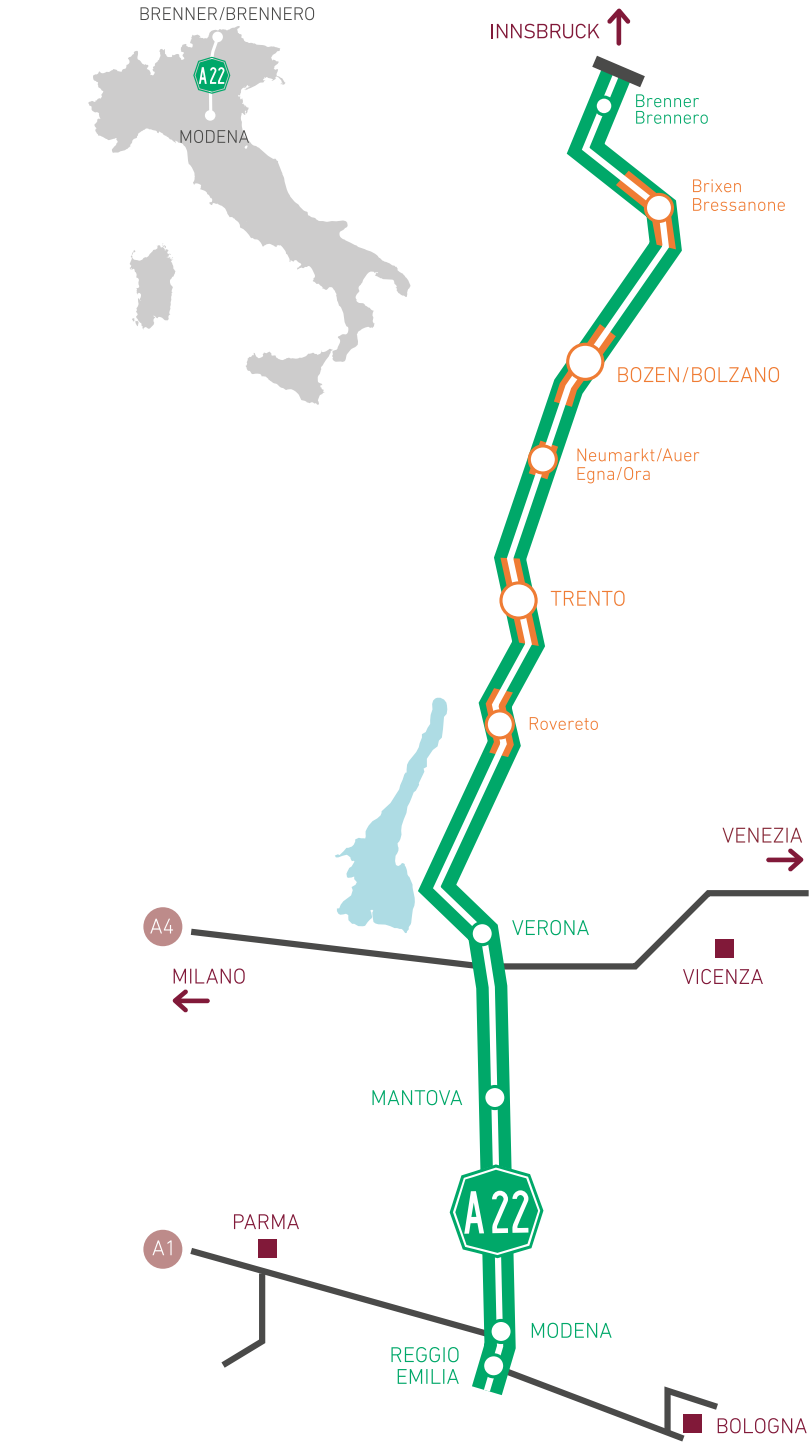
1. tratto rosso, nel caso in cui la concentrazione di NO_2 sia superiore alla soglia di riferimento di 32 µg/m^3 (soglia di valutazione superiore del valore limite annuale per la protezione della salute umana fissata dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010);
2. tratto arancione, nel caso in cui la concentrazione di NO_2 sia inferiore alla soglia di riferimento di 32 µg/m^3 ma siano presenti edifici in prossimità dell'autostrada che registrano una concentrazione di NO_2 superiore a 40 µg/m^3;
3. tratto giallo, identificato come il tratto arancione ma considerando una soglia di 38 µg/m^3 invece di 40 µg/m^3;
4. tratto verde, nel caso in cui una qualsiasi delle condizioni di cui sopra non sia soddisfatta (tratto non critico).

Le concentrazioni registrate presso gli edifici in prossimità dell'autostrada sono derivate da un modello di spazializzazione, che è funzione delle condizioni di traffico tipiche osservate e che è stato validato empiricamente attraverso misure empiriche (campionatori passivi). Questo risultato è stato poi ulteriormente raffi-



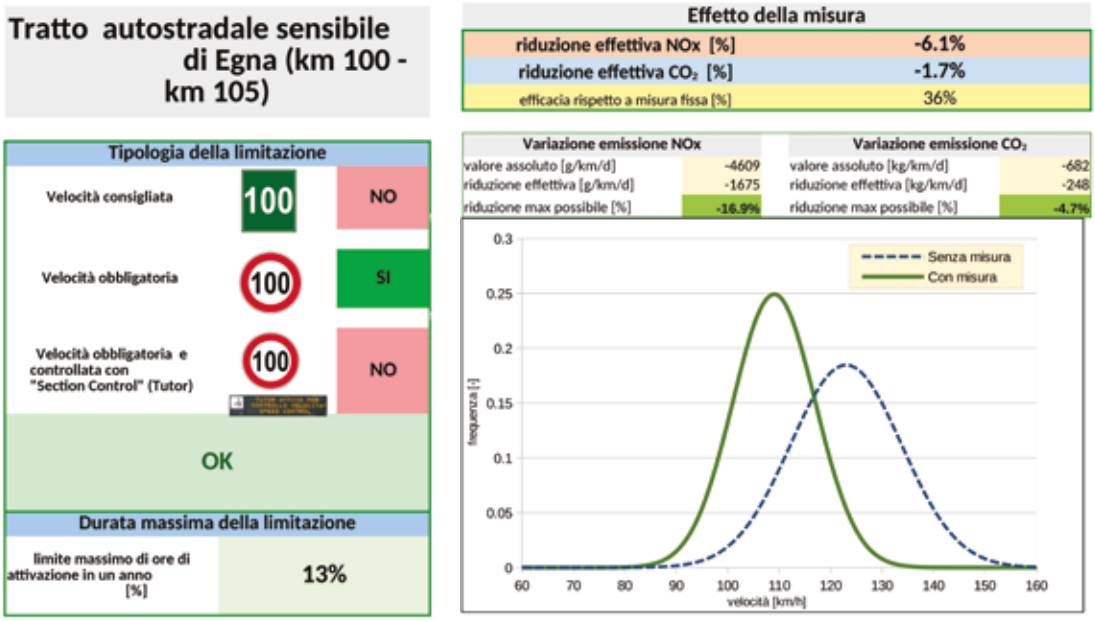
nato in base a diversi criteri per identificare i tratti effettivi in cui applicare la misura di riduzione dinamica di velocità; questi criteri includono il fatto di far parte di un'area urbana e di essere un edificio residenziale. L'impostazione esatta dei tratti è stata poi finalizzata in base alla presenza effettiva e prevista dei sistemi ITS necessari (VMS, sistemi di monitoraggio del traffico e della qualità dell'aria) e cercando di rendere continui i piccoli tratti adiacenti, in modo da dare una continuità di segnalazione agli utenti della strada. Alla fine, sono stati ottenuti cinque tratti: i tratti in corrispondenza delle aree urbane di Bolzano, Bressanone, Trento e Rovereto e un piccolo tratto nella Bassa Atesina, coperto dall'attuale tratto BLEC-AQ. Oltre all'identificazione di questi tratti è stata anche consolidata una procedura di replicazione per una porzione autostradale generica, che è da considerare nel caso in cui s'intende applicare la misura in un altro tratto. La procedura include tutti gli aspetti rilevanti che devono essere indagati, in particolare una valutazio-

Identificazione dei tratti di replicazione
della misura di riduzione dinamica
della velocità a fini ambientali in A22



Area di replicazione della misura di riduzione dinamica della velocità ai fini ambientali

ne dettagliata del problema ambientale affrontato, una caratterizzazione del parco circolante reale che si muove sull'infrastruttura di riferimento, la valutazione degli investimenti per i sistemi ITS necessari (compresi i sistemi back-end), le esigenze di calibrazione dei sistemi di monitoraggio della qualità dell'aria, nonché gli aspetti di manutenzione e di valutazione dei benefici.
Poiché la misura può essere applicata con modalità diverse e portare a risultati di riduzione differenti, è stato implementato un tool specifico che consente di calcolare e confrontare diversi scenari. Ad esempio, è possibile capire come si possano ottenere gli stessi benefici ambientali considerando un diverso tipo di segnaletica (limite di velocità raccomandato/obbligatorio) e un diverso numero massimo di ore annue in cui la misura viene applicata.



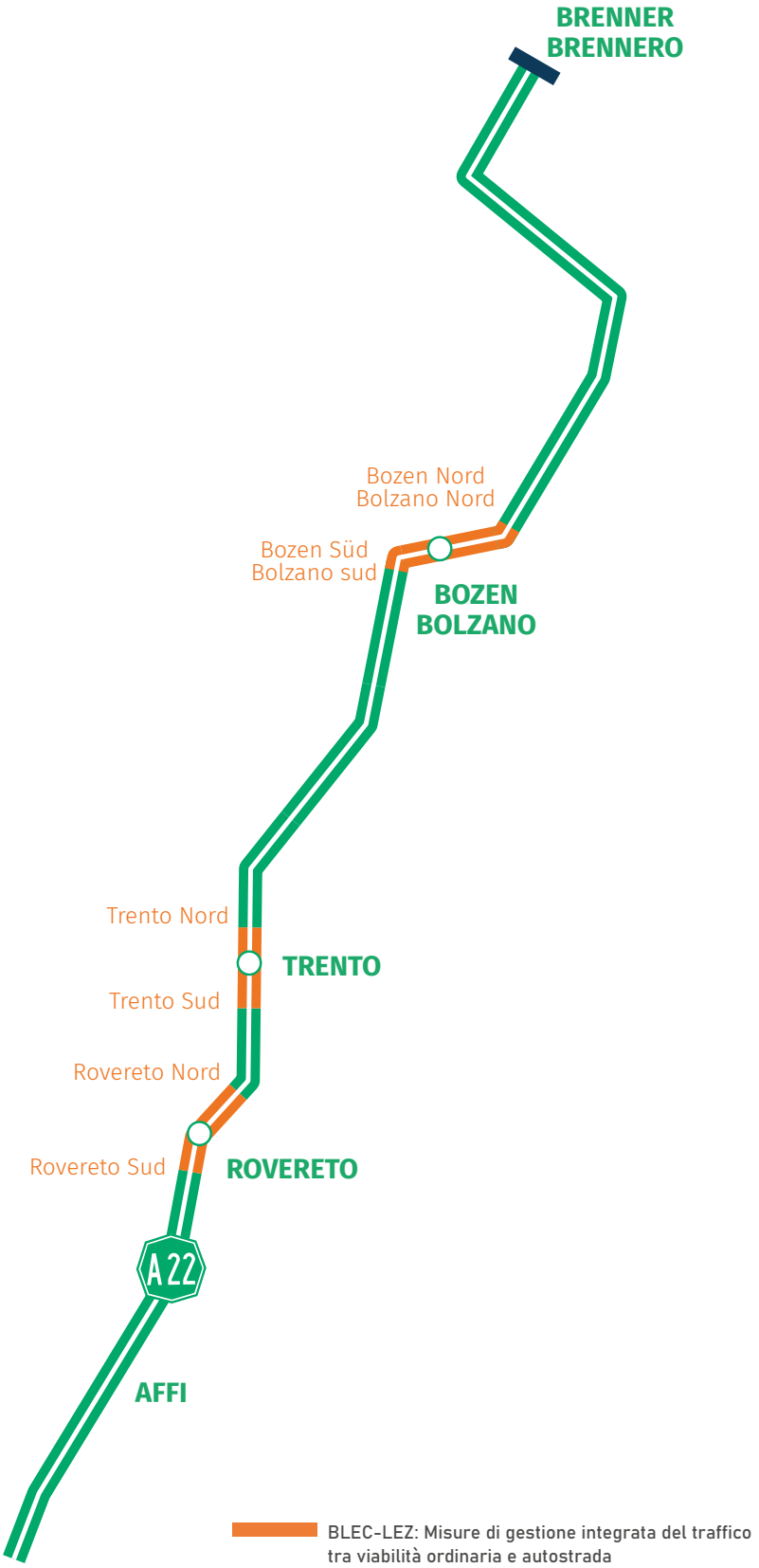
Prospettive di sviluppo di misure di gestione integrata del traffico tra viabilità ordinaria e autostrada

Nell'ambito del progetto sono state introdotte e inizialmente testate in collaborazione con i gestori della viabilità urbana e provinciale, in particolare le città di Trento, Rovereto e Bolzano e le Province di Trento e Bolzano, procedure più efficienti per la gestione integrata di situazioni di turbativa di traffico. Queste procedure, definite e concordate con un approccio partecipativo, si sono concentrate:

- sulla definizione di piani congiunti di gestione temporanea del traffico in occasione di alcuni eventi cittadini impattanti;
- sulla pianificazione congiunta dei lavori stradali;
- sulla gestione in tempo reale degli eventi di traffico

Le prime importanti attività pilota sono state svolte sotto il coordinamento di A22 durante i periodi dei mercatini di Natale nel 2017, 2018 e 2019 nelle tre aree pilota BLEC-LEZ di Bolzano, Trento e Rovereto.

Durante un totale di 35 giorni di sessione di test (10 nel 2017, 13 nel 2018 e 12 nel 2019) pannelli a messaggio variabile integrativi posizionati a ridosso dei caselli di riferimento per le aree cittadine coinvolte sono stati utilizzati per consigliare agli automobilisti in autostrada uno specifico casello di uscita al fine di indirizzare meglio i flussi di traffico interessati a raggiungere i diversi centri urbani. La gestione in tempo reale degli eventi di traffico è stata avviata nella fase pilota intermedia, in particolare nel corso del 2019, con un totale di 36 situazioni gestite. L'esplosione della pandemia COVID-19 all'inizio del 2020 ha influenzato in modo significativo le attività pilota previste per il periodo di sperimentazione finale. In particolare, le autorità cittadine - i principali beneficiari delle misure di controllo del traffico proposte - hanno ovviamente dato maggiore priorità alla gestione dell'emergenza. Le attività pilota sono state sospese a causa dei volumi di traffico molto ridotti causati dalle misure di contenimento della pandemia, non solo durante i primi mesi della pandemia, ma anche durante la stagione invernale 2020-2021.
Un aumento dei volumi di traffico nelle aree cittadine è stato osservato a partire dall'estate 2020, anche come parziale risposta ad un minor utilizzo dei mezzi pubblici. Situazioni di sofferenza sono state osservate in particolare nella città di Bolzano, che non dispone di infrastrutture stradali di transito dedicate al traffico motorizzato. L'accresciuta rilevanza dei fenomeni di congestione ha spinto a rilanciare le diverse misure di controllo del traffico, già individuate durante le precedenti fasi di sperimentazione e ulteriormente dettagliate e adattate in funzione



Mappa aree pilota BLEC-LEZ

delle mutate condizioni di traffico. Le misure finalizzate riguardano principalmente le strategie di:

- reindirizzamento del traffico di transito di attraversamento proveniente da un certo accesso alla città sull'autostrada;
- indirizzamento ottimale del traffico autostradale che vuole entrare in città verso il casello consigliato, in base alle condizioni di traffico presenti in viabilità ordinaria.

Le autorità cittadine e regionali, insieme ai principali partner del progetto, hanno deciso di firmare un accordo per testare, migliorare ed estendere ulteriormente questa serie di misure anche nel periodo after-LIFE. Durante il periodo after-LIFE si prevede anche di introdurre e testare degli strumenti semi-automatici di supporto alle decisioni per la raccomandazione di una determinata misura sulla base dei dati disponibili in tempo reale, come l'occupazione delle aree di parcheggio o i parametri del traffico (volumi, tempi di percorrenza). Questi strumenti saranno ulteriormente sviluppati grazie a nuovi sistemi ITS messi in campo dai diversi gestori. Questa prospettiva di automazione potrebbe anche portare a un miglioramento delle politiche dello schema Urban Pass per facilitare l'uso dell'autostrada A22 nelle tratte urbane di Trento e Rovereto da parte dei pendolari locali, che è stato introdotto e ulteriormente incentivato dalle autorità locali durante la durata del progetto. Questo accordo non solo garantisce le prospettive di prosecuzione delle attività pilota anche dopo la fine del progetto, ma apre anche le porte a un'integrazione molto più efficace tra i domini della mobilità, del traffico e della qualità dell'aria nelle aree urbane, ad esempio in una prospettiva di sviluppo del concetto del Mobility-as-a-Service (MaaS).

Visualizzazione messaggio su PMV
collocati nel tratto BLEC-LEZ di Bolzano

Appendice

Alcuni eventi di progetto

Sopra: Conferenza stampa di inizio progetto (2016)

Nel mezzo: Primo workshop con stakeholder nazionali (2016)

Sotto: Workshop finale con stakeholder di progetto (2021)

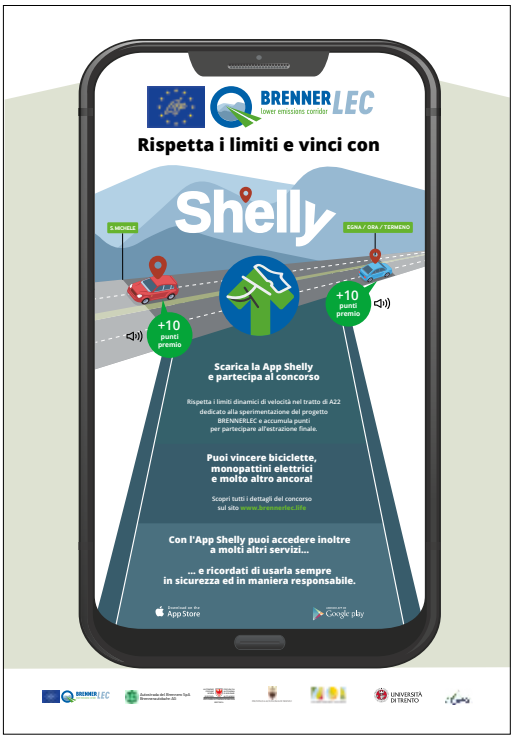
Attività di comunicazione

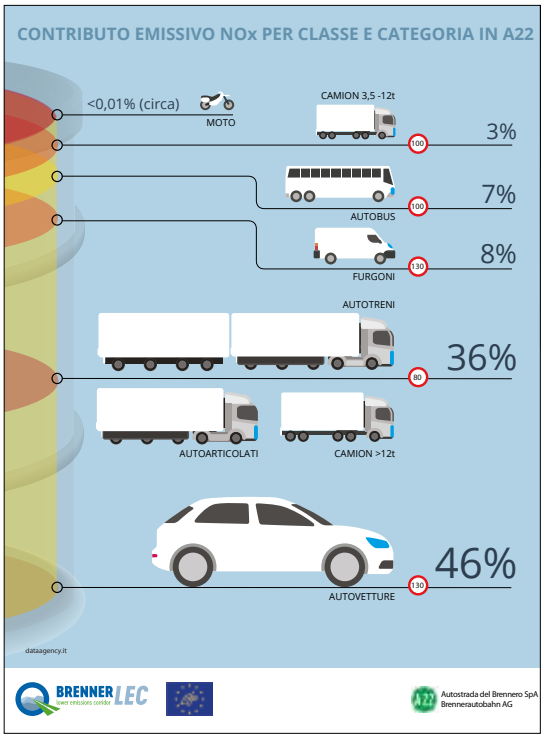
Alto sx: Roll-up illustrativi del sistema di monitoraggio e dell'approccio di gestione integrata del traffico tra autostrada e città

Basso sx: Poster affisso nelle aree di servizio

Alto dx: Segnaletica fissa posta nei piazzali delle aree di servizio del tratto sperimentale

Basso dx: QR-Code per visualizzare dei video di progetto





Alto sx: Infografica per promuovere il concorso a premi su App Shelly

Basso: Gioco educativo "BrennerLEC THE GAME"

Alto dx: Infografica sul contributo emissivo di NOx per classe e categoria lungo l'A22

Evento di fine progetto - 25 novembre 2021

Sopra: Partner di progetto

Sotto: Premiazioni

Partner

Autostrada del Brennero SpA
Brennerautobahn AG

Autostrada del Brennero

Autostrada del Brennero SpA è una società per azioni che opera in regime di concessione e si occupa della promozione, progettazione, costruzione ed esercizio di autostrade, compresa l'autostrada Brennero--Modena, nonché di opere stradali, contigue o complementari e di opere pubbliche o di pubblica utilità connesse con l'attività autostradale.

Nell'ambito del progetto BrennerLEC Autostrada del Brennero SpA ha svolto il ruolo di coordinatore ed ha contribuito principalmente all'infrastrutturazione dei siti di sperimentazione lungo la tratta di sua competenza. Inoltre, ha supportato i partner coinvolti fornendo elementi utili alle analisi dei dati di traffico e inquinamento e ha contribuito, attraverso il Centro Assistenza Utenza, alla gestione dinamica della velocità nelle tratte autostradali interessate dalle misure sperimentali.

Ilaria
De Biasi

David
Catoni

Andrea
Oss

PROVINCIA AUTONOMA
DI TRENTO

Provincia Autonoma di Trento

L'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente della Provincia di Trento promuove la tutela della qualità dell'aria sul territorio trentino attraverso il monitoraggio degli inquinanti e la pianificazione di misure necessarie ad agire sulle principali sorgenti di emissione aventi influenza sulla qualità dell'aria, tra le quali vi è la sorgente del traffico autostradale quale fonte di ossidi di azoto NO_x.

Nell'ambito del progetto BrennerLEC, l'Agenzia si occupa del monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio e lungo l'autostrada attraverso la raccolta e l'elaborazione dei dati; partecipa allo sviluppo delle misure di riduzione delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) e di anidride carbonica (CO_2) mediante la definizione delle modalità di attuazione della riduzione dinamica della velocità. Attraverso diversi strumenti di comunicazione e informazione promuove, inoltre, azioni di sensibilizzazione della popolazione per incentivare comportamenti virtuosi in favore della qualità dell'aria.

Gabriele Tonidandel

Laura Pretto

Valentina Miotto

AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE
PROVINZIA AUTONOMA DE BULSAN SÜDTIROL

Provincia Autonoma di Bolzano

L'Agenzia provinciale per l'ambiente e la tutela del clima della Provincia di Bolzano è l'istituzione preposta all'applicazione della normativa di settore, ma anche a promuovere la tutela dell'ambiente e del clima nel suo insieme sostenendo progetti concreti e informando la popolazione. Nel settore del controllo e della gestione della qualità dell'aria l'agenzia ha due ruoli fondamentali: il monitoraggio e la pianificazione della qualità dell'aria.

Nell'ambito del progetto BrennerLEC il ruolo dell'agenzia consiste nel monitoraggio della qualità dell'aria sul territorio e lungo l'autostrada, nonché nello sviluppo delle misure di riduzione delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) e di anidride carbonica (CO_2) che si concretizza con la definizione delle modalità di attuazione della riduzione dinamica della velocità.

Massimo Guariento

Luca Verdi

Patrick Dalpiaz

Oswald Vigl

UNIVERSITÀ DI TRENTO

Università di Trento

L'Università di Trento ha partecipato al progetto BrennerLEC attraverso il suo Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, ed in particolare il suo gruppo di ricerca legato alla fisica dell'atmosfera, integrato con le competenze del gruppo di ingegneria sanitaria ambientale.

Nell'ambito del progetto BrennerLEC il gruppo di ricerca dell'Università di Trento si è occupato principalmente dell'analisi dei dati di qualità dell'aria raccolti lungo l'asse autostradale per valutare l'efficacia delle politiche di riduzione dinamica della velocità dei veicoli leggeri, della gestione e regolare calibrazione dei sensori innovativi per la misura di diverse specie inquinanti e dello sviluppo e mantenimento di una catena modellistica di previsione meteorologica a supporto della simulazione della dispersione degli inquinanti emessi dal traffico autostradale.

Dino Zardi

Marco Ragazzi

Lorenzo Giovannini

Elena Bertazza

Andrea Bisignano

CISMA

La ditta CISMA, fondata nel 2005 e con sede presso il NOI techpark di Bolzano, è attiva nel campo dell'ingegneria ambientale e si occupa di misure, analisi dati e modelli di calcolo nei seguenti ambiti: meteorologia applicata, qualità dell'aria, ecologia, traffico e mobilità. La ditta partecipa a vari progetti di ricerca e sviluppo insieme a partner pubblici e privati, portando la competenza specifica nel settore della consulenza ambientale.

All'interno del progetto BrennerLEC il ruolo di CISMA consiste nell'analisi dei dati di traffico e inquinamento, nonché nello sviluppo degli algoritmi necessari alla gestione dinamica della velocità nelle tratte autostradali coperte da questo servizio.

Gianluca Antonacci

Ilaria Todeschini

TECHPARK SÜDTIROL / ALTO ADIGE

NOI Techpark

Il NOI Techpark è il parco tecnico scientifico dell'Alto Adige ed ha l'obiettivo di moltiplicare le attività e gli investimenti in attività di ricerca, sviluppo ed innovazione.

Il NOI Techpark ha partecipato al progetto attraverso la sua Unit Digital ed ha contributo alla sua realizzazione soprattutto in due modi. In primo luogo, ha messo a disposizione il proprio know-how nel settore dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS - Intelligent Transportation System) per supportare la definizione e l'implementazione del sistema tecnologico alla base delle misure di riduzione dinamica della velocità e di gestione integrata del traffico tra autostrada e città. In secondo luogo, ha facilitato lo scambio, l'integrazione e l'elaborazione manuale ed automatica di dati di traffico e di qualità dell'aria grazie all'utilizzo della piattaforma Open Data Hub (https://opendatahub.com/).

Patrick Ohnewein

Roberto Cavaliere

Luca Miotto

Pubblicazioni fuori collane di Autostrada del Brennero SpA

Autostrada del Brennero, Arti Grafiche Manfrini, 1968.

Un ponte per l'Europa / Eine Brücke für Europa, Publilux, ed. italiana, 1984 / ed. tedesca, 1985.

Architetture autostradali, la nuova sede dell'Autostrada del Brennero a Trento, 1991.

*Le strade della devozione / Die Strassen der Devotio*n, ed. italiana / ed. tedesca, 1997.

Autostrada del Brennero – Brennerautobahn, Athesia, 1998.

La chiesa pellegrinante - Kirchen am Wege, Athesiadruck, 2006.

Plessi Museum, 2013.

A*22 in viaggio verso il futuro sostenibile - A22 auf der Reise in eine nachhaltige Zukunft*, 2013.

Nuove ecologie per infrastrutture osmotiche - New ecologies for osmotic infrastructures, 2013.

Storia, valori e progetti, Litografica editrice Saturnia, 2016.

La via della seta e la via del Brennero, Filograf, 2017.

L'Autostrada del Brennero nella sua storia - Riedizione del volume di Donato Turrini del 1984, Litografica editrice Saturnia, 2019.

Da sessant'anni accompagniamo l'Italia in Europa, 2021.

Questo prodotto è realizzato con carta
Mondi Nautilus Classic ***100% riciclata***

Finito di stampare nel mese di febbraio 2023
da Supernova S.r.l - Trento

Autostrada del Brennero SpA
Brennerautobahn AG