

**AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA-BARI-TARANTO**  
**Tratto: Bologna Borgo Panigale – Bologna San Lazzaro**  
**Potenziamento sistema tangenziale di Bologna**  
**“Passante di Bologna”**  
**Progetto definitivo**

**Analisi prescrizioni seduta di Conferenza dei Servizi del 29/07/2021**

**Allegato 1**  
**Prescrizione n. 4, 5, 6, 7, 8, 11, 15, 16**

**Novembre 2021**

**autostrade** // *per l'italia*

**Tecne**  
Gruppo Autostrade per l'Italia

## Sommar

<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>	<b>5 DIGITALIZZAZIONE DELL'OPERA - "FASE 1"</b> .....	<b>60</b>
<b>1 NUOVE GALLERIE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI - "FASE 2" PREVIA VALUTAZIONE APPROFONDI</b> .....	<b>5</b>	5.1 INTRODUZIONE .....	60
1.1 STATO DELL'ARTE .....	5	5.1.1 Acronimi e definizioni .....	60
1.2 INDIVIDUAZIONE DEI POSSIBILI SITI PER LA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE .....	6	5.1.2 Riferimenti .....	60
1.2.1 Galleria con centrale di filtrazione esterna .....	6	5.2 AMBITO DI SVILUPPO DEL SISTEMA C-ITS .....	60
1.2.2 Galleria con centrale di filtrazione in copertura .....	6	5.2.1 Funzionalità di base del sistema C-ITS .....	61
1.3 INSERIMENTO PAESAGGISTICO DELLE NUOVE GALLERIE .....	31	5.2.2 Architettura del sistema C-ITS ASP1 .....	61
1.3.1 Premessa .....	31	5.3 SERVIZI C-ITS .....	62
1.3.2 Galleria con centrale di filtrazione esterna .....	31	5.3.1 Servizi C-ITS Forniti .....	62
1.3.2.1 Centrali di filtrazione integrate nel paesaggio .....	31	5.3.2 Hazardous Location Notification .....	62
1.3.2.2 Centrali di filtrazione come polo attrattivo .....	31	5.3.3 Road Works Warning (RWW) .....	62
1.3.2.3 Centrali di filtrazione come landmark .....	32	5.3.4 Probe vehicle data .....	63
1.3.3 Galleria con centrale di filtrazione in copertura .....	32	<b>6 INCREMENTO DELLA POTENZA DI ENERGIE RINNOVABILI - "FASE 1"</b> .....	<b>64</b>
1.3.4 Valutazioni conclusive .....	32	6.1 PREMESSA .....	64
1.4 IMPIANTI DI FILTRAZIONE E ABBATTIMENTO POLVERI .....	33	6.2 STATO DI PROGETTO IMPIANTI FOTOVOLTAICI A SERVIZIO DEL PASSANTE DI BOLOGNA .....	64
1.4.1 Descrizione impianto di abbattimento polveri ed NO <sub>x</sub> per la galleria tipo del Passante di Bologna .....	33	6.3 IPOTESI PER IL PREDIMENSIONAMENTO DEI SITI .....	64
1.4.2 Impianto di filtrazione del particolato a mezzo di filtri meccanici .....	33	6.3.1 Analisi dei vincoli di collegamento alla rete elettrica .....	64
1.4.3 Impianto di denitrificazione degli ossidi di azoto .....	34	6.3.2 Analisi dei vincoli topografici e territoriali .....	65
1.4.4 Centrale di ventilazione per il Passante di Bologna .....	34	6.4 CONCLUSIONI .....	66
1.4.5 Impianti da prevedersi all'interno della galleria .....	36	<b>7 RAFFORZAMENTO DELLA COMUNICAZIONE IN TUTTE LE FASI DELL'OPERA - "FASE 1"</b> .....	<b>67</b>
1.4.6 Considerazioni generali relative all'efficienza dell'impianto di filtrazione .....	36	7.1 PIANO DI COMUNICAZIONE .....	67
1.5 INTERFERENZA CON LE OPERE ATTUALMENTE PREVISTE IN PROGETTO ED EVENTUALE PREDISPOSIZIONE IN "FASE 1" .....	40	7.2 SERVIZIO INFORMATIVO RELATIVO AI CANTIERI ED ALLE DEVIAZIONI STRADALI .....	67
1.5.1 Interferenza con barriere acustiche e opere di sostegno .....	40	<b>8 CERTIFICAZIONE ENVISION - "FASE 1"</b> .....	<b>68</b>
1.5.2 Interferenza con strutture PMV e segnaletica fissa .....	41	8.1 DESCRIZIONE DEL PROTOCOLLO .....	68
1.5.3 Interferenza con piazzole tecniche in corrispondenza dei PMV e allargamenti "esecutivi" .....	41	8.2 FASE DI PRE-ASSESSMENT .....	68
1.5.4 Interferenza con spartitraffico centrale e tubazione idraulica .....	42	8.3 STATUS DELLA CERTIFICAZIONE .....	68
1.5.5 Interferenze con prolungamenti opere minori e scatoari .....	43		
1.5.6 Compatibilità idraulica di piattaforma .....	43		
<b>2 APPLICAZIONE SISTEMI A BASE DI MATERIALI FOTOATTIVI - "FASE 1"</b> .....	<b>45</b>		
2.1 BIBLIOGRAFIA .....	45		
2.2 SINTESI DELLE MIGLIORI TECNICHE AD OGGI APPLICABILI .....	45		
2.3 PROPOSTA DI APPLICAZIONE .....	46		
<b>3 PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI RICARICA DINAMICA PER VEICOLI ELETTRICI - "FASE 1" PREVIA VALUTAZIONE APPROFONDI</b> .....	<b>47</b>		
3.1 OVERVIEW GENERALE .....	47		
3.2 PROGETTI GUIDATI DA PARTENARIATI INDUSTRIALI .....	48		
3.2.1 SmartRoad di Gotland .....	48		
3.2.2 Arena del futuro Brebemi .....	48		
3.2.3 Bombardier Primove .....	48		
3.2.4 Sistema conduttivo basato su catenaria .....	49		
3.2.4.1 Compatibilità sistema conduttivo basato su catenaria con progetto Passante .....	49		
3.3 CONCLUSIONI .....	50		
<b>4 INSTALLAZIONE SISTEMI DI RICARICA FAST PER VEICOLI ELETTRICI - "FASE 1"</b> .....	<b>51</b>		

## Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 1-1 INQUADRAMENTO .....	7	FIGURA 3-2 SCHEMA DEI COMPONENTI ELETTRICI PRINCIPALI DEL SISTEMA PRIMOVE (ESTRATTO DALL'ARTICOLO "INDUCTIVE CHARGING THROUGH CONCRETE ROADS: A BELGIAN CASE STUDY AND APPLICATION" PRESENTATO ALL'EUROPEAN ROAD INFRASTRUCTURE CONGRESS DEL 2016.) .....	48
FIGURA 1-2 SEZIONE TIPOLOGICA STANDARD .....	8	FIGURA 3-3 SEZIONE TRASVERSALE DI UN MODULO INSTALLATIVO DELLA SOLUZIONE PRIMOVE (ASFALTO E CALCESTRUZZO) .....	48
FIGURA 1-3 SEZIONE TIPOLOGICA PIASTRA C.A. ....	9	FIGURA 3-4 FOTO DEL SISTEMA SIEMENS eHIGHWAY .....	49
FIGURA 1-4 GALLERIA ZANARDI - PLANIMETRIA.....	10	FIGURA 3-5 INTERFERENZA CATENARIA – BARRIERE ACUSTICHE .....	49
FIGURA 1-5 GALLERIA ZANARDI - SEZIONI PAESAGGISTICHE .....	11	FIGURA 3-6 INTERFERENZA CATENARIA – BARRIERE ACUSTICHE IN CORRISPONDENZA DEGLI SVINCOLI .....	50
FIGURA 1-6 GALLERIA ZANARDI - VISTA AEREA - STATO DI FATTO .....	12	FIGURA 3-7 INTERFERENZA CATENARIA – PMV.....	50
FIGURA 1-7 GALLERIA ZANARDI - VISTA AEREA - CENTRALE DI FILTRAZIONE ESTERNA.....	13	FIGURA 4-1 AREA DI SERVIZIO SILLARO EST - PLANIMETRIA .....	52
FIGURA 1-8 GALLERIA ZANARDI - VISTA AEREA - CENTRALE DI FILTRAZIONE IN COPERTURA .....	14	FIGURA 4-2 AREA DI SERVIZIO SILLARO EST - PIANTA .....	53
FIGURA 1-9 GALLERIA SAN DONNINO - PLANIMETRIA.....	15	FIGURA 4-3 AREA DI SERVIZIO SILLARO EST - SEZIONI.....	54
FIGURA 1-10 GALLERIA SAN DONNINO - SEZIONI PAESAGGISTICHE .....	16	FIGURA 4-4 AREA DI SERVIZIO SILLARO EST - RENDER.....	55
FIGURA 1-11 GALLERIA SAN DONNINO - VISTA AEREA - STATO DI FATTO .....	17	FIGURA 4-5 AREA DI SERVIZIO LA PIOPPA OVEST - PLANIMETRIA .....	56
FIGURA 1-12 GALLERIA SAN DONNINO - VISTA AEREA - CENTRALE DI FILTRAZIONE ESTERNA.....	18	FIGURA 4-6 AREA DI SERVIZIO LA PIOPPA OVEST - PIANTA .....	57
FIGURA 1-13 GALLERIA SAN DONNINO - CENTRALE DI FILTRAZIONE IN COPERTURA .....	19	FIGURA 4-7 AREA DI SERVIZIO LA PIOPPA OVEST - SEZIONI.....	58
FIGURA 1-14 GALLERIA SAN DONNINO - VISTA DA TERRA - STATO DI FATTO .....	20	FIGURA 4-8 AREA DI SERVIZIO LA PIOPPA OVEST - RENDER .....	59
FIGURA 1-15 GALLERIA SAN DONNINO - VISTA DA TERRA - CENTRALE DI FILTRAZIONE ESTERNA .....	21	FIGURA 5-1 FLUSSI DEI MESSAGGI C.ITS.....	61
FIGURA 1-16 GALLERIA SAN DONNINO - VISTA DA TERRA - CENTRALE DI FILTRAZIONE IN COPERTURA.....	22	FIGURA 5-2 TIPOLOGICO INSTALLAZIONE ANTENNA RSU SU PALO.....	62
FIGURA 1-17 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - PLANIMETRIA .....	23	FIGURA 5-3 ANTENNA RSU .....	62
FIGURA 1-18 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - SEZIONI PAESAGGISTICHE .....	24	TABELLA 3 SERVIZI C-ITS DEFINIZIONI C-ROADS.....	62
FIGURA 1-19 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - VISTA AEREA - STATO DI FATTO .....	25	FIGURA 6-1 PORTALE E-DISTRIBUZIONE CON AREE CRITICHE PER INSTALLAZIONE DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI .....	64
FIGURA 1-20 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - VISTA AEREA - CENTRALE DI FILTRAZIONE ESTERNA .....	26	FIGURA 6-2 ESEMPIO DI MODULO FOTOVOLTAICO MONOCRISTALLINO.....	65
FIGURA 1-21 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - VISTA AEREA - CENTRALE DI FILTRAZIONE IN COPERTURA .....	27	FIGURA 6-3 ESEMPIO DI CAMPO FOTOVOLTAICO A TERRA .....	66
FIGURA 1-22 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - VISTA DA TERRA - STATO DI FATTO .....	28		
FIGURA 1-23 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - VISTA DA TERRA - CENTRALE DI FILTRAZIONE ESTERNA.....	29		
FIGURA 1-24 GALLERIA CROCE DEL BIANCO - VISTA DA TERRA - CENTRALE DI FILTRAZIONE IN COPERTURA .....	30		
FIGURA 1-25 PROGETTO: JORRIT TORNUST - COMMITTENTE: AZA - LUOGO: BRESCIA - ANNO: 1996 .....	31		
FIGURA 1-26 PROGETTO: BURCKHARDT + PARTNER AND RADERSCHALL - COMMITTENTE: COMUNE DI ZURIGO - LUOGO: ZURIGO - ANNO: 2002 .....	31		
FIGURA 1-27 PROGETTO: BJARKE INGELS GROUP - COMMITTENTE: AMAGERFORBRAENDING - LUOGO: COPENHAGEN - ANNO: 2017 .....	31		
FIGURA 1-28 PROGETTO: MICHELE DE LUCCHI - COMMITTENTE: ENEL PRODUZIONE - LUOGO: TRINO VERCELLESE (VC) - ANNO: 1999 .....	32		
FIGURA 1-29 PROGETTO: FRIEDENSREICH HUNDERTWASSER - COMMITTENTE: ENERGIE WIEN - LUOGO: VIENNA - ANNO: 1987 .....	32		
FIGURA 1-30 PROGETTO: STUDIO BUFFI ASSOCIÉS, - COMMITTENTE: IRIDE ENERGIA S.P.A. - LUOGO: TORINO - ANNO: 2012 .....	32		
FIGURE 1-31 STEP 1 - COLLETTAMENTO DELLE PARTICELLE DI POLVERE .....	33		
FIGURE 1-32 STEP 2 - PULIZIA DELLE PARTICELLE CON ARIA COMPRESSA.....	33		
FIGURA 1-33 SEPARAZIONE CATALITICA DI NO <sub>2</sub> .....	34		
FIGURA 1-34 CURVE CARATTERISTICHE VENTILATORE DA 100 m <sup>3</sup> /s .....	35		
FIGURA 1-35 CURVE CARATTERISTICHE VENTILATORE DA 125 m <sup>3</sup> /s .....	36		
FIGURA 1-36 SCHEMA CENTRALE DI FILTRAZIONE ESTERNA .....	38		
FIGURA 1-37 SCHEMA CENTRALE DI FILTRAZIONE SU GALLERIA .....	39		
FIGURA 1-38 PARTICOLARE FONDAZIONE BARRIERE ACUSTICHE .....	40		
FIGURA 1-39 FONDAZIONI SEZIONE TIPOLOGICA STANDARD .....	40		
FIGURA 1-40 FONDAZIONI SEZIONE TIPOLOGICA PIASTRA C.A. ....	41		
FIGURA 1-41 STRALCIO PLANIMETRICO PIAZZOLA DI SERVIZIO PORTALE PMV .....	41		
FIGURA 1-42 ALLARGAMENTO ARGINELLO SU PORTALI SEGNALETICA CON BARRIERA FONOASSORBENTE ESTERNA.....	42		
FIGURA 1-43 SEZIONE TIPO PROGETTO PASSANTE .....	42		
FIGURA 1-44 SEZIONE TIPO FASE 1 .....	42		
FIGURA 1-45 SEZIONE TIPO FASE 2 .....	43		
FIGURA 1-46 PARTICOLARE CANALETTA ADATTATA CON SIFONE E CADITOIA SIFONATA GALLERIA .....	43		
FIGURA 2-1 APPLICAZIONE DI VERNICE FOTOCATALITICA SU BARRIERA FONOASSORBENTE .....	46		
FIGURA 2-2 APPLICAZIONE SU BARRIERA DI SICUREZZA TIPO NEW JERSEY .....	46		
FIGURA 2-3 APPLICAZIONE DI VERNICE FOTOCATALITICA SULLE PARETI INTERNE DI UN TUNNEL CITTADINO A BRUXELLES.....	46		
FIGURA 3-1 INSTALLAZIONE DI UNA PORZIONE DEL SISTEMA DI RICARICA WIRELESS SVILUPPATO DA ELECTRON SULLA SMART ROAD DI GOTLAND. ....	48		

## PREMESSA

La presente relazione riscontra le prescrizioni N° 4, 5, 6, 7, 8, 11, 15, 16 emerse in sede di Conferenza di Servizi del 29/07/2021 e riassunte nel documento *Ulteriori indirizzi e proposte per il Passante di Bologna* trasmesso dal Comune di Bologna (prot. DG/PRO/2021/193) di cui si riporta il testo:

a) *Proposte per l'implementazione tecnologica dell'opera che si chiede di valutare in seno alla Conferenza dei Servizi:*

- predisposizione lungo i tratti individuabili dal Comune di ulteriori coperture per la riduzione delle emissioni e l'abbattimento delle stesse attraverso "elettrofiltri" ovunque possibile e attraverso le migliori tecnologie disponibili; ove ci fossero impedimenti oggettivi, la garanzia di compatibilità per nuove coperture da finanziare, progettare e realizzare in un iter nuovo appositamente dedicato (capitolo 1, prescrizione n. 4 abaco);

- predisposizione dell'applicazione di sistemi a base di materiali foto attivi in grado di rimuovere ossidi di azoto, inquinanti e particolato e altri inquinanti, da applicare sui diversi elementi dell'infrastruttura (corsie di emergenza, barriere antirumore, superfici di tunnel e semi tunnel e carreggiate), ove tecnicamente possibile già nella prima fase di intervento (capitolo 2, prescrizione n. 5 abaco);

- predisposizione e realizzazione di sistemi di ricarica dinamica per incrementare l'uso dei veicoli a zero emissione, in particolare un sistema a pantografo per l'alimentazione e la ricarica dei mezzi del trasporto pesante ed un sistema di ricarica ad induzione (wireless) per tutti i tipi di veicoli, compatibilmente con lo sviluppo di tecnologie omologate e impiegate con successo in condizioni operative reali (capitolo 3, prescrizione n. 6 abaco);

- installazione, nelle aree di servizio adiacenti al tracciato ed in altre aree limitrofe potenzialmente idonee, di punti di ricarica "fast" per veicoli elettrici, anche adibiti a trasporti pesanti, oltre a stazioni di rifornimento con carburanti puliti (capitolo 4, prescrizione n. 7 abaco);

- digitalizzazione dell'opera per renderla compatibile alle future sfide anche connesse alla guida automatica, attraverso il dialogo in tempo reale tra veicoli ed infrastruttura (ad esempio sistemi Iot, V2i vehicle to infrastructure, V2v), oltre all'arricchimento di portali e pannelli a messaggio variabile che permettano il monitoraggio del traffico in tempo reale ed a sistemi che consentano la fluidificazione del traffico (capitolo 5, prescrizione n. 8 abaco);

b) *Proposte per la sostenibilità ambientale e la mitigazione dell'impatto dell'opera:*

- piantagione degli alberi fin dalle prime fasi, compatibilmente con le lavorazioni dei cantieri, per abbattere da subito sensibilmente le emissioni garantendo che il contributo emissivo del sistema autostradale/tangenziale non superi l'attuale quota del 41% sul totale (prescrizione n. 9 abaco);

- reimpiego dei fondi di compensazione delle alberature abbattute nei quartieri attraversati dal tracciato (prescrizione n. 10 abaco);

- incremento della potenza di energie rinnovabili di oltre 50 MW attraverso l'individuazione di pertinenze idonee all'installazione dentro e fuori il tracciato autostradale per l'inserimento di pannelli fotovoltaici (capitolo 6, prescrizione n. 11 abaco);

- individuazione di ulteriori superfici da disigillare per bilanciare il consumo di suolo indotto dall'infrastruttura (prescrizione n. 12 abaco);

c) *Proposte per il monitoraggio e la comunicazione:*

- finanziamento con un fondo ad hoc di 300.000 euro all'anno per l'Osservatorio ambientale in modo da garantire il funzionamento per 8 anni dotandolo altresì di strumenti e centraline che permettano il monitoraggio ambientale integrato con la rete di monitoraggio della qualità dell'aria di Arpa e che consentano, in caso di sfioramento dei parametri, di sospendere temporaneamente l'opera fino all'individuazione e alla rimozione della causa con il rientro nei parametri di sostenibilità (prescrizione n. 13 abaco);

- avvio dell'attività dell'osservatorio e del monitoraggio (ambientale e sanitario) appena approvata l'opera in Conferenza dei servizi (prescrizione n. 14 abaco);

- rafforzamento della comunicazione in tutte le fasi della realizzazione dell'opera (capitolo 7, prescrizione n. 15 abaco);

- certificazione "ENVISION" dell'infrastruttura per attestarne la sostenibilità (capitolo 8, prescrizione n. 16 abaco);

Per ogni prescrizione, come indicato anche nella tabella analitica allegata alla nota di trasmissione, è indicato se il recepimento è previsto in Fase 1 (inserimento nel Progetto Esecutivo del Passante di Bologna) ovvero se è rimandato ad una successiva Fase 2 con iter autorizzativo separato.

## 1 NUOVE GALLERIE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI - "FASE 2" PREVIA VALUTAZIONE APPROFONDATA

### 1.1 STATO DELL'ARTE

Per l'analisi di tale prescrizione è stata richiesta la collaborazione del CNR *Consiglio Nazionale delle Ricerche* il quale ha redatto una relazione "Analisi dello stato di applicazione delle diverse tecnologie per l'abbattimento di inquinanti nei tunnel disponibili sul mercato a livello nazionale ed internazionale", allegata al presente documento, che descrive nel dettaglio le tecnologie e gli esempi di applicazione di tali soluzioni a livello mondiale. Si riportano nel seguito gli estratti principali di tale relazione.

Lo studio ha descritto i principali inquinanti legati alle emissioni da traffico veicolare ovvero il materiale particolato (TSP e PM10) e gli ossidi di azoto (NOx e in particolare NO2) e le metodologie di trattamento conseguibili con i sistemi di filtrazione e abbattimento attualmente disponibili sul mercato e sperimentati nel contesto internazionale.

Per quanto riguarda le tecniche di ventilazione e filtrazione sono l'approccio più comune per affrontare il problema della diluizione delle concentrazioni inquinanti all'interno della galleria, le stesse sono state esaminate anche nell'ottica di un possibile impiego nella riduzione della pressione ambientale verso l'ambiente esterno.

Per quanto riguarda il particolato sono stati riportati diversi casi a livello internazionale in cui si sono applicati sistemi di trattamento dell'aria progettati per andare oltre il semplice principio della ventilazione dunque abbattere parzialmente gli inquinanti presenti nell'aria estratta dalla galleria e sono principalmente utilizzati per due contesti:

- in gallerie molto lunghe anche fino a 11 km per migliorare visibilità e ridurre le concentrazioni di inquinanti sempre all'interno della galleria stessa, perché difficile l'uso di tecniche di ventilazione convenzionali;
- utilizzo di pneumatici chiodati che generano molto PM e dunque risulta necessario l'applicazione diretta di tecniche di abbattimento del PM stesso.

Questi sistemi non nascono quindi per essere usati per scopi ambientali, tuttavia, le maggiori preoccupazioni per l'ambiente e la salute dei cittadini hanno guidato nel corso degli ultimi anni e stanno guidando l'interesse nell'uso di tali sistemi di abbattimento anche in applicazioni in cui l'unico obiettivo è rappresentato dalla riduzione della pressione ambientale all'esterno della galleria o del tratto stradale.

Nel caso di necessità di mantenere elevati requisiti di emissione dell'aria presente all'interno della galleria verso l'esterno e non all'interno della stessa, si applicano sistemi di abbattimento e filtrazione direttamente sul punto di estrazione vicino al portale in maniera da limitare l'impatto degli scarichi nell'ambiente esterno, esempi sono la galleria lungo la M30 a Madrid e il tunnel della secante di Cesena in Italia. I sistemi principalmente utilizzati per l'abbattimento del PM sono gli elettrofiltri che possono essere realizzati come passaggi di bypass laterali o a soffitto per adattarsi ai requisiti dell'ingegneria civile.

I casi studio dimostrano però che alcuni paesi come la Norvegia hanno abbandonato l'uso di tutti i sistemi di filtrazione (a bypass e ad estrazione) a causa di incerte prestazioni e costi operativi elevati derivanti dal consumo di energia.

I tempi medi di operatività possono variare in un ampio range di valori e questo determina una notevole variazione dei costi di gestione dell'infrastruttura. Pertanto, questo dato porta ad evidenziare la necessità di un'analisi di sostenibilità dei sistemi per valutare caso per caso il beneficio prodotto rispetto al costo economico-ambientale del sistema installato.

Rispetto le prestazioni definite dal produttore l'analisi dei casi studio ha mostrato che le prestazioni effettive e complete dell'intero sistema di abbattimento "in situ" possono essere di gran lunga inferiori per via dei limiti pratici del trattamento della portata d'aria a causa sia della posizione dei sistemi di filtrazione che non riescono a captare l'intero flusso di diluizione d'aria all'interno della galleria sia perché le prestazioni garantite dai costruttori sono legate ad un range molto ristretto di elaborazione della portata in ingresso e decadono molto rapidamente (in termini di efficacia di abbattimento) al di fuori del range ottimale di funzionamento.

Questi sistemi hanno difatti un'efficienza di abbattimento più alta negli impianti industriali dove la concentrazione degli inquinanti in emissione è più elevata e puntuale. L'uso di precipitatori elettrostatici e in generale di sistemi di abbattimento degli inquinanti in galleria non è difatti universalmente accettato. Alcuni enti sostengono che questa tecnologia raramente ha effetti scientifici comprovati sull'esposizione della popolazione poiché l'effetto positivo è

spesso mascherato dai ridotti livelli di concentrazione da trattare rispetto alle applicazioni industriali che limita considerevolmente i benefici ambientali. Inoltre, mentre numerosi progressi sono stati realizzati nello sviluppo di questi sistemi, per quanto riguarda la semplificazione delle operazioni di pulizia in particolare, non ci sono stati progressi tecnologici importanti e questo aspetto influisce sui costi di manutenzione.

Per quanto riguarda l'abbattimento degli ossidi di azoto (processo di denitrificazione) in ambito stradale le vernici fotocatalitiche risultano le più utilizzate poiché sono applicate direttamente sui materiali da costruzione mediante la stesa di particolari elementi foto-catalizzatori. Gli studi sul campo disponibili, tuttavia, mostrano risultati molto contrastanti e quindi ancora poco attendibili in termini di valutazione delle prestazioni e delle rese di abbattimento reali, con efficienze di rimozione riportate che variano in un ampio range di efficienza in funzione di diversi fattori come le condizioni climatiche (umidità relativa, irraggiamento solare) e l'invecchiamento dello strato di catalizzatore.

Nonostante questa tipologia di sistema di abbattimento possa sembrare facilmente praticabile, occorre effettuare test in situ per verificare l'effettiva efficacia nei singoli contesti perché l'efficienza può variare di molto da sito a sito e sono quindi necessari approfondimenti specifici riguardanti l'effettivo beneficio in termini di riduzioni delle emissioni inquinanti. Per considerazioni di maggiore dettaglio si rimanda al capitolo 2 del presente documento.

Bisogna inoltre considerare che l'evoluzione tecnologica del parco veicolare verso le classi ambientali Euro 6 e superiori, e la maggior penetrazione dei veicoli a trazione elettrica porterà nell'arco del decennio in corso ad una significativa diminuzione delle emissioni di NOx (completamente assente nei veicoli elettrici) e del PM. Pertanto, questa evoluzione dovrebbe essere considerata per valutare l'utilità dei sistemi di abbattimento nel medio-lungo termine.

Ciò premesso, nei casi di applicazione a sistemi infrastrutturali, per un'analisi del sistema coerente e completa è necessario effettuare un'analisi del ciclo di vita (LCA) del caso studio specifico, in particolare per ottenere una visione del consumo energetico e per considerare i costi aggiuntivi per la manutenzione: il concetto di costi del ciclo di vita (costi di investimento + costi operativi per tutta la durata di vita di un dato impianto) è sempre più applicato, in quanto permette di valutare la sostenibilità dell'intervento.

## 1.2 INDIVIDUAZIONE DEI POSSIBILI SITI PER LA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE

Considerando i seguenti criteri:

- lunghezza compresa tra 800 m e 950 m. Tali valori coniugano la necessità di massimizzare la lunghezza della galleria senza superare le lunghezze massime imposte dalla Legge 264/2006 oltre le quali sarebbe necessario avere degli apprestamenti di sicurezza geometricamente non compatibili con il contesto dell'opera;
- assenza di uscite tangenziale per non vanificare gli effetti dell'aspirazione;

Sono stati individuati i seguenti tratti potenzialmente idonei per accogliere eventuali gallerie artificiali:

- Galleria Zanardi: nuova galleria;
- Galleria San Donnino: ampliamento della galleria fonica già prevista in progetto;
- Galleria Croce del Biacco: raddoppio e ampliamento della galleria fonica già prevista in progetto.

Considerando sia gli aspetti tecnici-impiantistici che ambientali-paesaggistici si è deciso di valutare due diverse soluzioni tipologiche:

- galleria con centrale di filtrazione esterna
- galleria con centrale di filtrazione in copertura

### 1.2.1 Galleria con centrale di filtrazione esterna

La galleria è contraddistinta da un'unica *sezione tipologica standard* (larghezza 70 m, altezza 12 m dal piano stradale) così caratterizzata:

- setti in c.a.;
- copertura a conci di travi reticolari in acciaio dotata di pannellatura ignifuga all'intradosso e pannelli prefabbricati all'estradosso;
- rivestimento esterno dei setti in lamiera stirata di alluminio anodizzato in continuità con i rivestimenti delle barriere acustiche.

Le centrali di filtrazione esterne sono dei parallelepipedi di lunghezza 70 m, altezza 30 m e altezza 8 m dotate di due ciminiere di diametro 3,3 m e altezza circa 20 m.

In corrispondenza delle centrali di filtrazioni sulla copertura della galleria sono previste:

- Bocche di aspirazione ricomprese parzialmente nella struttura di copertura e
- Due condotte di collegamento larghe 10 m e alte 2,5 m

Le tre gallerie in progetto risulterebbero così caratterizzate:

- Zanardi: *sezione tipologica standard* per tutta lunghezza;
- Croce del Biacco: *sezione tipologica standard* per tutta lunghezza;
- San Donnino: *sezione tipologica standard* dagli imbocchi ai cavalcavia San Donato e ferroviario; sezione già sviluppata in progetto con parco urbano in copertura nella parte centrale compresa tra il cavalcavia San Donato e il cavalcavia ferroviario.

### 1.2.2 Galleria con centrale di filtrazione in copertura

La galleria è contraddistinta da due differenti sezioni tipologiche:

*Sezione tipologica standard* (larghezza 70 m, altezza 12 m dal piano stradale) così caratterizzata:

- setti in c.a.;
- copertura a conci di travi reticolari in acciaio dotata di pannellatura ignifuga all'intradosso e pannelli prefabbricati all'estradosso;

- rivestimento esterno dei setti in lamiera stirata di alluminio anodizzato in continuità con i rivestimenti delle barriere acustiche.

*Sezione tipologica piastra c.a.* (larghezza e lunghezza 70 m, altezza dal piano stradale 18 m) così caratterizzata:

- setti in c.a.;
- copertura in c.a.;
- centrale di filtrazione (lunghezza 70 m, larghezza 30 m, altezza 8 m) integrata nel volume della copertura e dotata di griglie di areazione verso l'esterno realizzate in lamiera stirata di alluminio anodizzato in continuità con i rivestimenti dei setti e delle barriere acustiche.

Le tre gallerie in progetto risulterebbero così caratterizzate:

- Zanardi: *sezione tipologica piastra c.a.* in corrispondenza delle centrali di filtrazione; *sezione tipologica standard* nel tratto compreso tra gli imbocchi e le centrali di filtrazione e nel tratto centrale;
- Croce del Biacco: *sezione tipologica piastra c.a.* in corrispondenza delle centrali di filtrazione; *sezione tipologica standard* nel tratto compreso tra gli imbocchi e le centrali di filtrazione e nel tratto centrale;
- San Donnino: *sezione tipologica piastra c.a.* in corrispondenza delle centrali di filtrazione; *sezione tipologica standard* nel tratto compreso tra gli imbocchi e le centrali di filtrazione e nel tratto compreso tra le centrali di filtrazione e i cavalcavia San Donato e ferroviario; sezione già sviluppata in progetto con parco urbano in copertura nella parte centrale compresa tra il cavalcavia San Donato e il cavalcavia ferroviario.

Si riportano nel seguito planimetrie, sezioni e fotoinserimenti relativi alle diverse ipotesi sopra descritte.

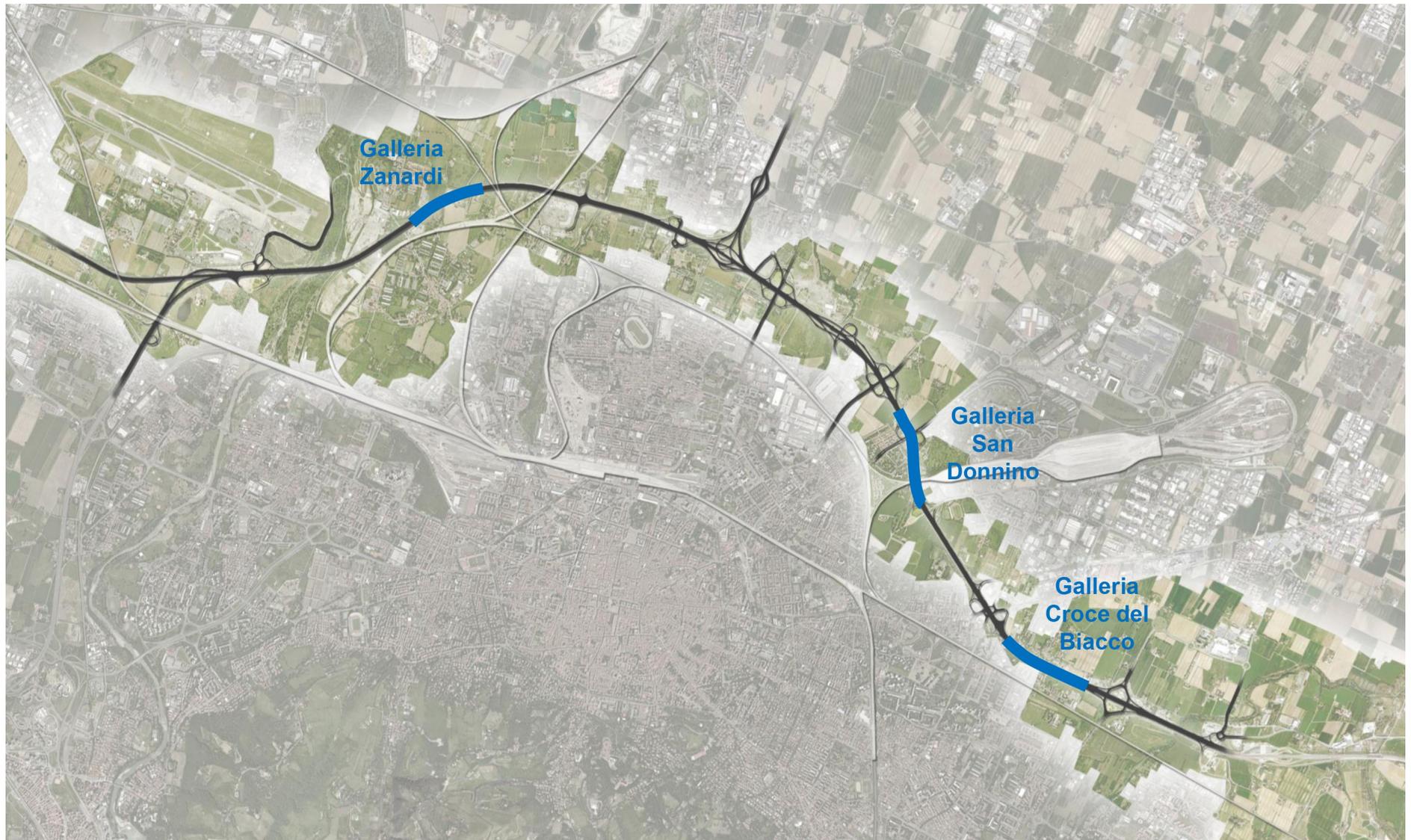


Figura 1-1 Inquadramento

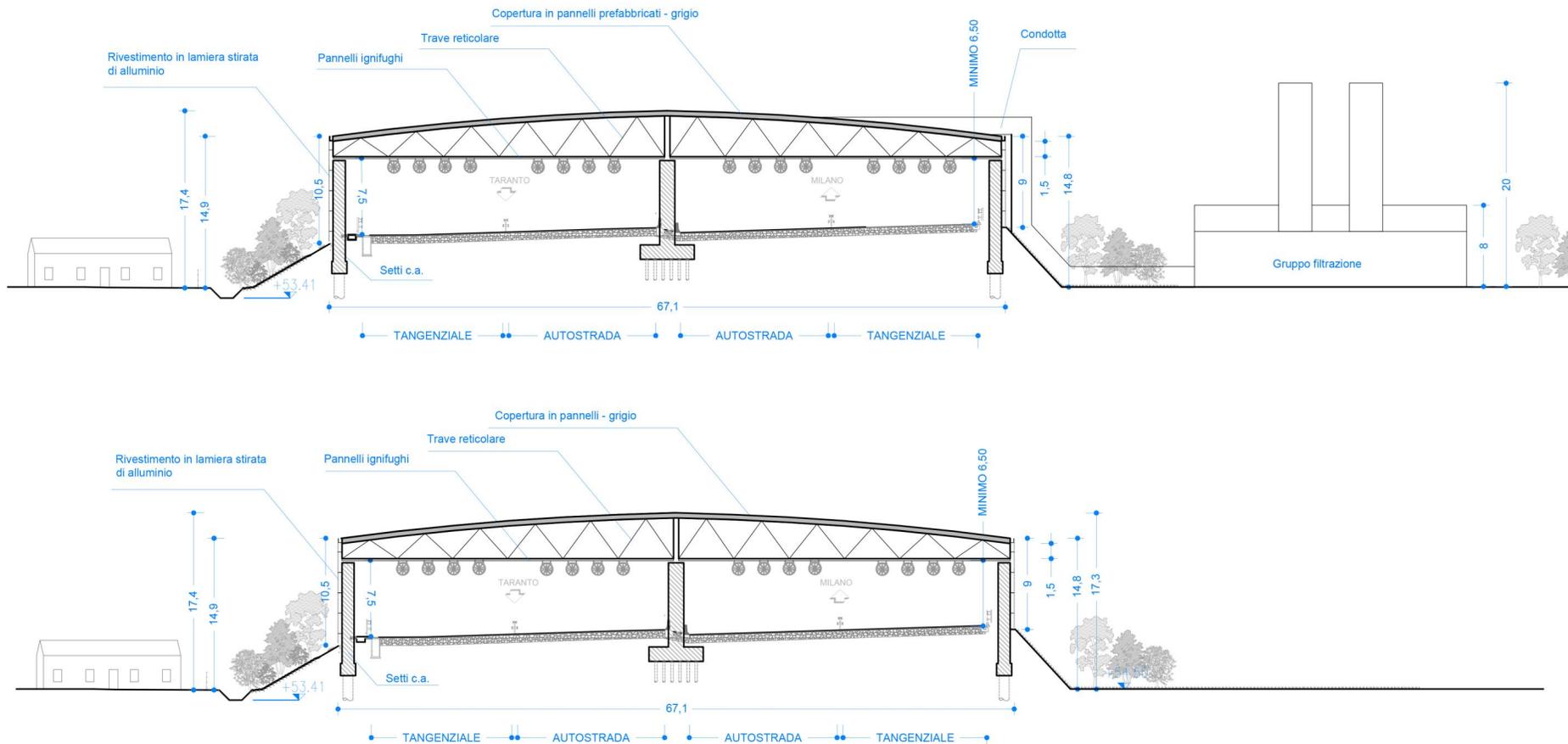


Figura 1-2 Sezione tipologica standard

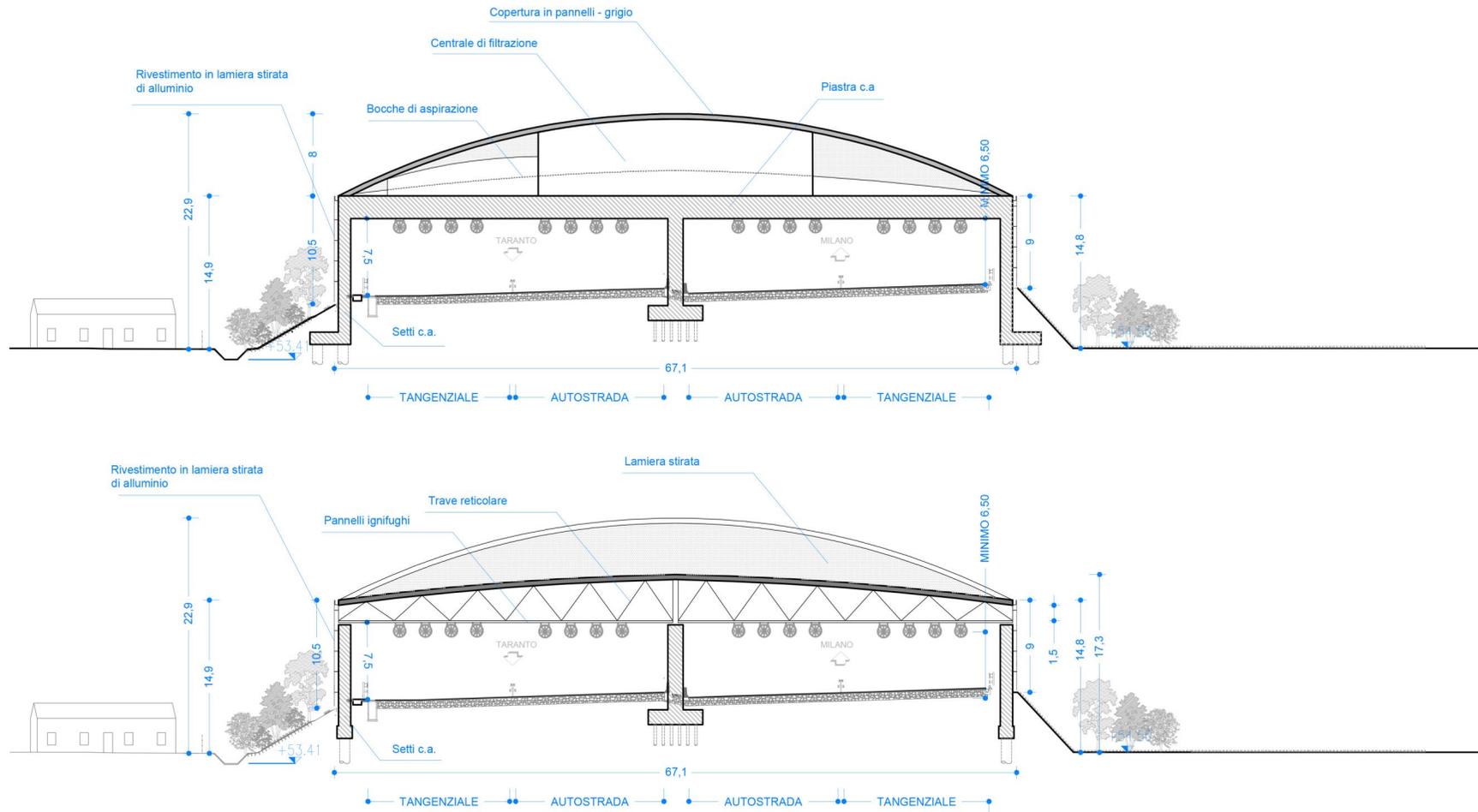


Figura 1-3 Sezione tipologica piastra c.a.

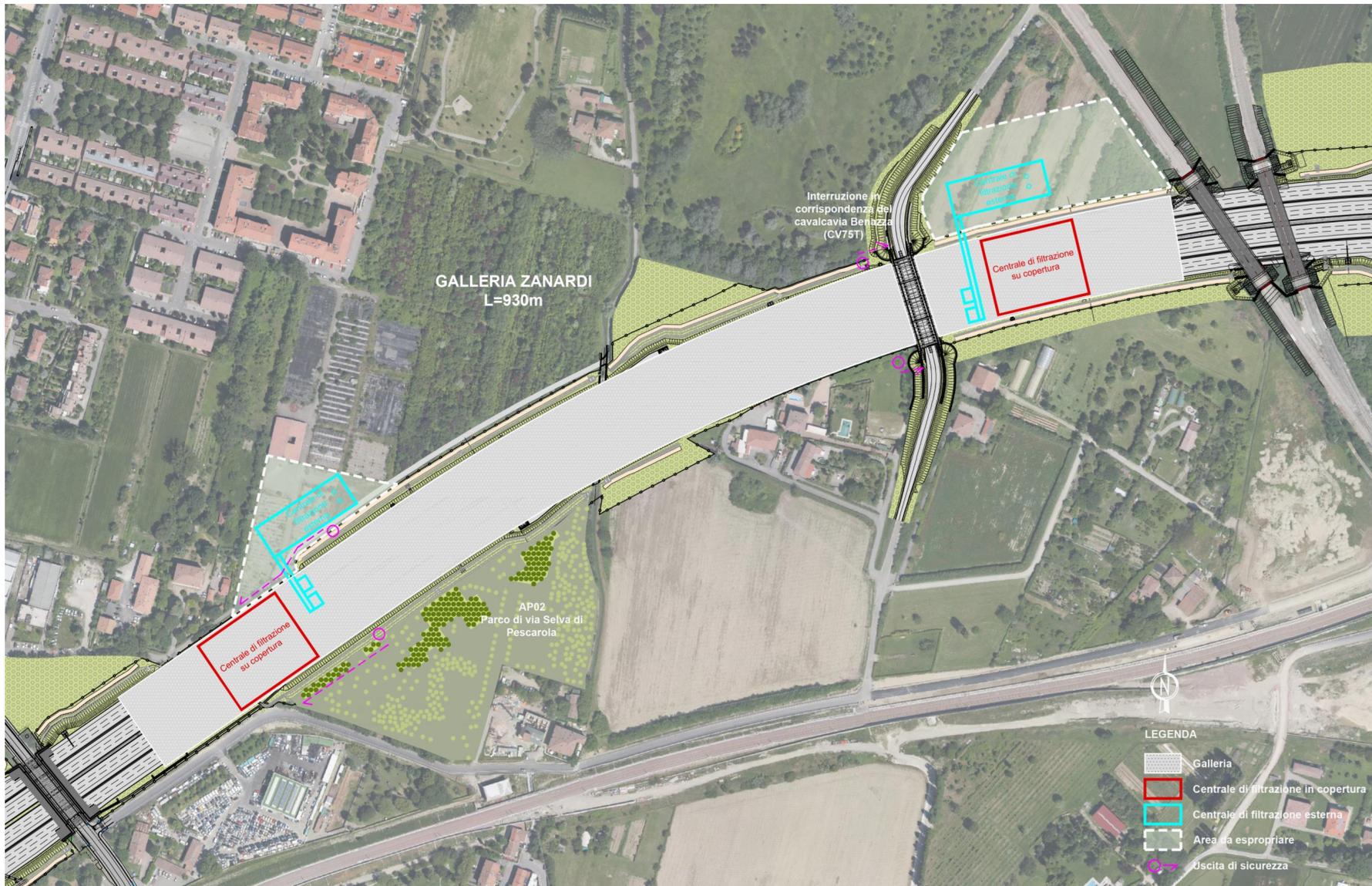
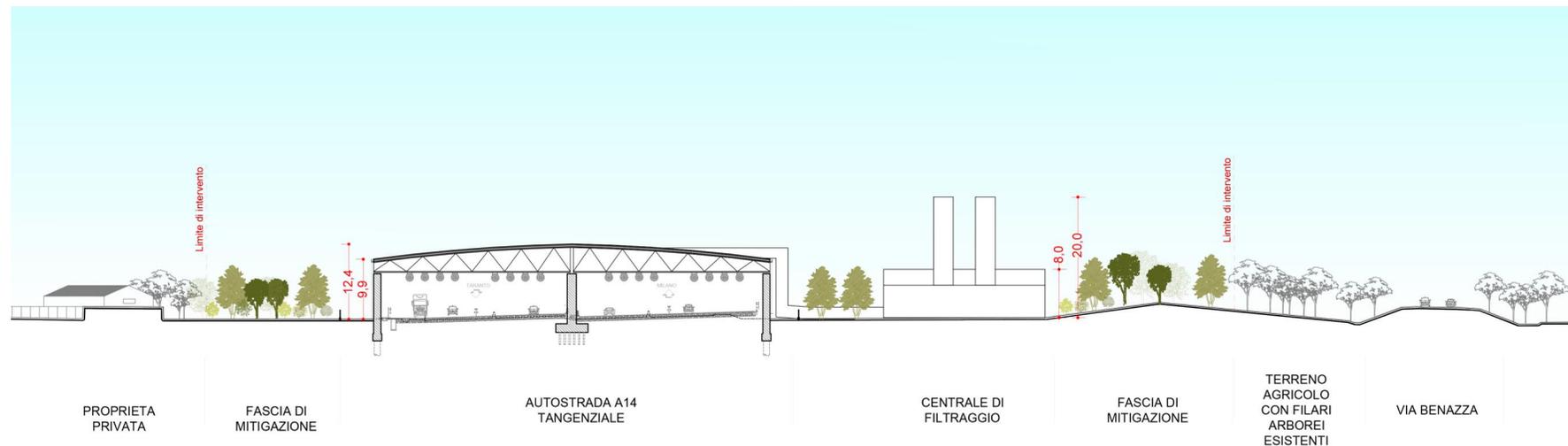


Figura 1-4 Galleria Zanardi - planimetria



Galleria con centrale di filtrazione esterna



Galleria con centrale di filtrazione in copertura

Figura 1-5 Galleria Zanardi - sezioni paesaggistiche



Figura 1-6 Galleria Zanardi - vista aerea - stato di fatto



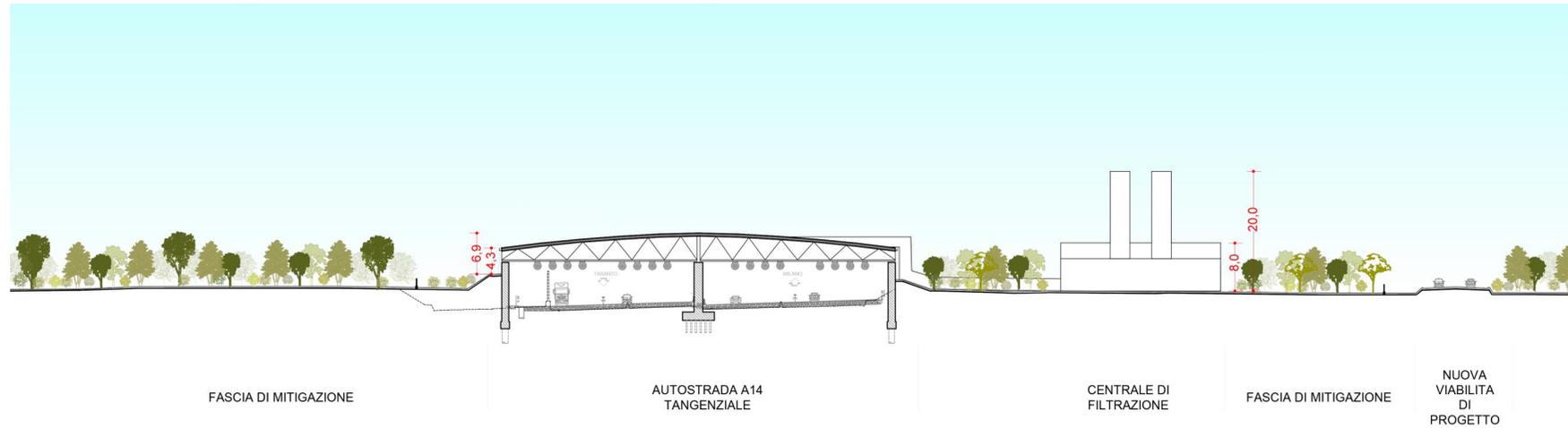
Figura 1-7 Galleria Zanardi - vista aerea - centrale di filtrazione esterna



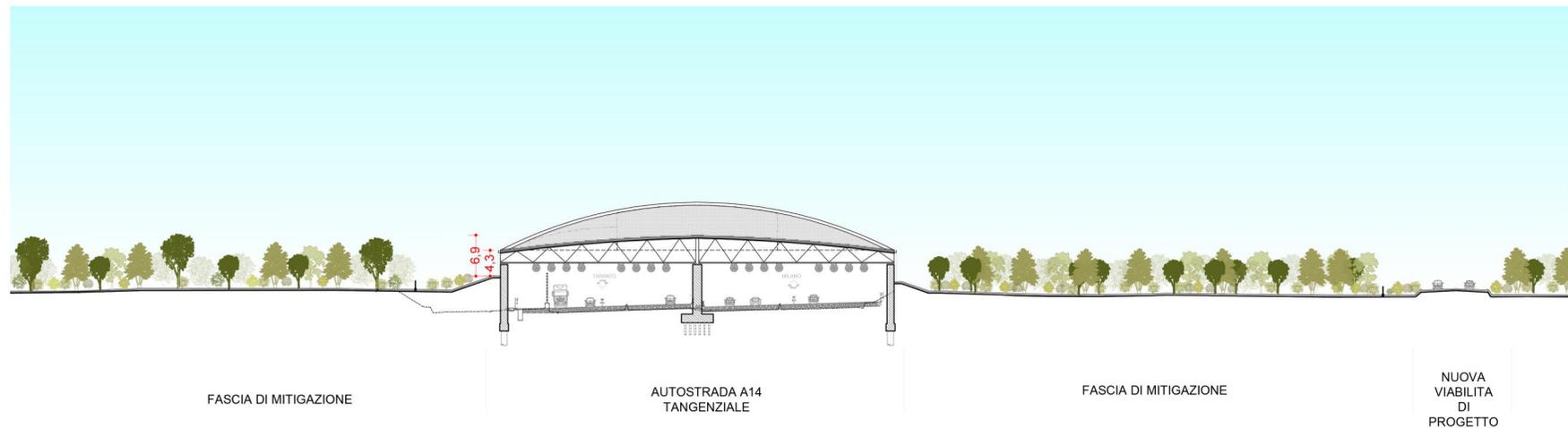
Figura 1-8 Galleria Zanardi - vista aerea - centrale di filtrazione in copertura



Figura 1-9 Galleria San Donnino - planimetria



Galleria con centrale di filtrazione esterna



Galleria con centrale di filtrazione in copertura

Figura 1-10 Galleria San Donnino - sezioni paesaggistiche



Figura 1-11 Galleria San Donnino - vista aerea - stato di fatto



Figura 1-12 Galleria San Donnino - vista aerea - centrale di filtrazione esterna



Figura 1-13 Galleria San Donnino - Centrale di filtrazione in copertura



Figura 1-14 Galleria San Donnino - vista da terra - stato di fatto



Figura 1-15 Galleria San Donnino - vista da terra - centrale di filtrazione esterna



Figura 1-16 Galleria San Donnino - vista da terra - centrale di filtrazione in copertura

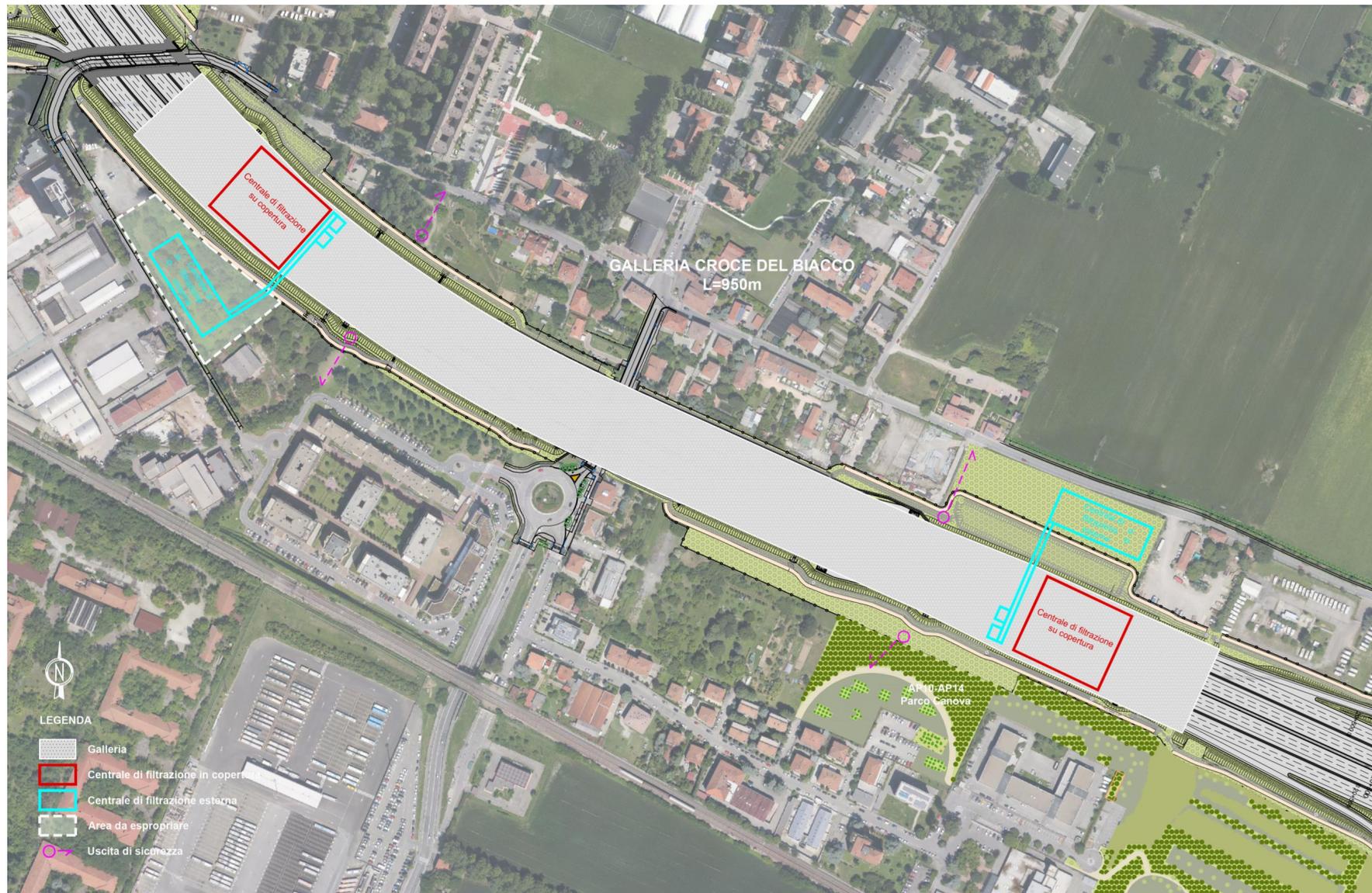
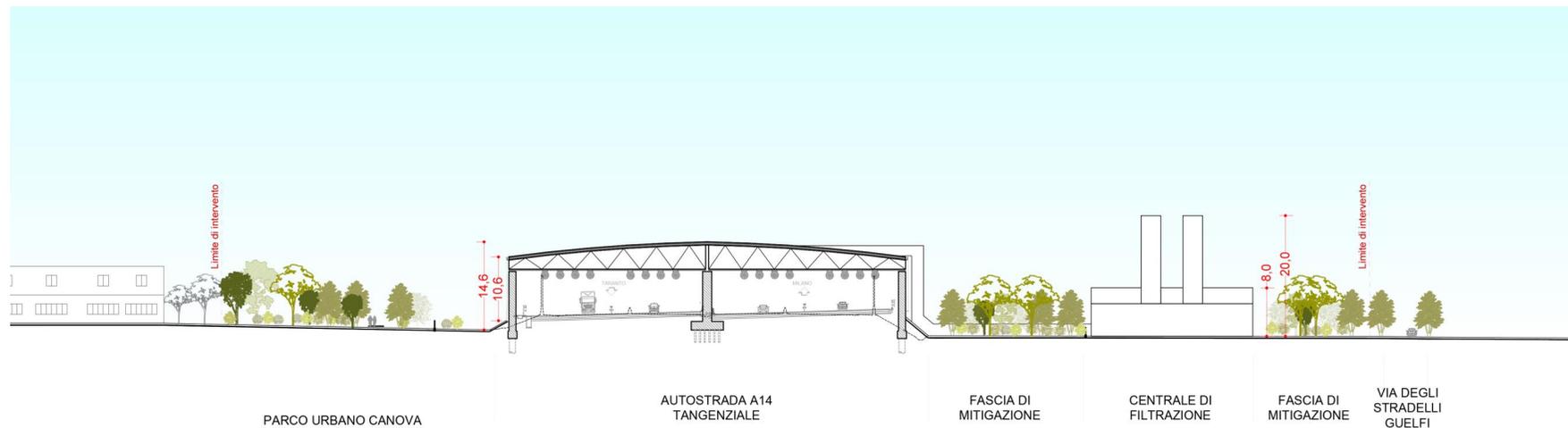
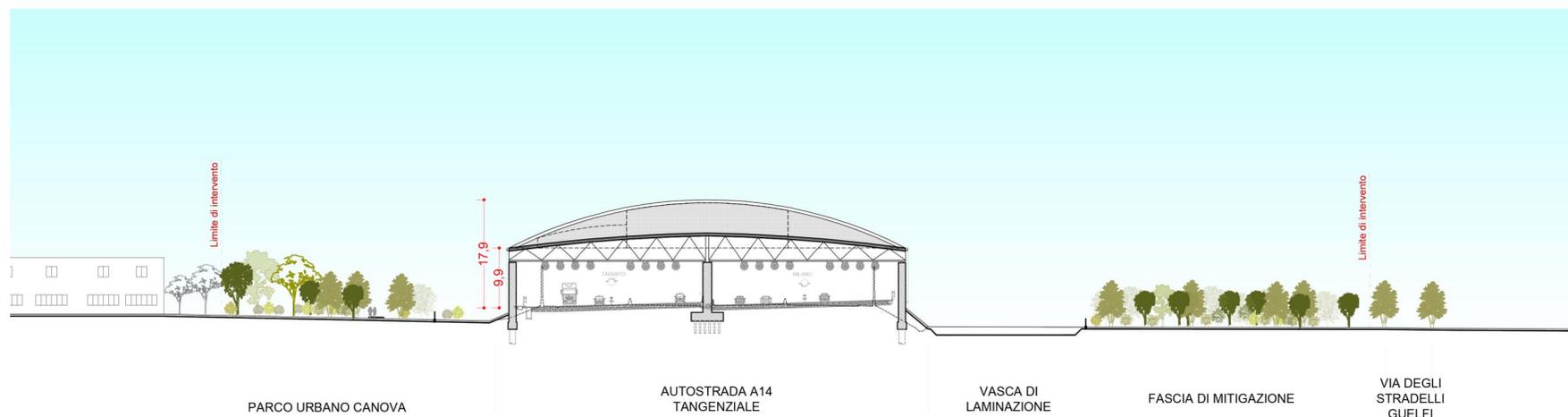


Figura 1-17 Galleria Croce del Biacco - planimetria



Galleria con centrale di filtrazione esterna



Galleria con centrale di filtrazione in copertura

Figura 1-18 Galleria Croce del Biacco - sezioni paesaggistiche



Figura 1-19 Galleria Croce del Biacco - vista aerea - stato di fatto



Figura 1-20 Galleria Croce del Bianco - vista aerea - centrale di filtrazione esterna

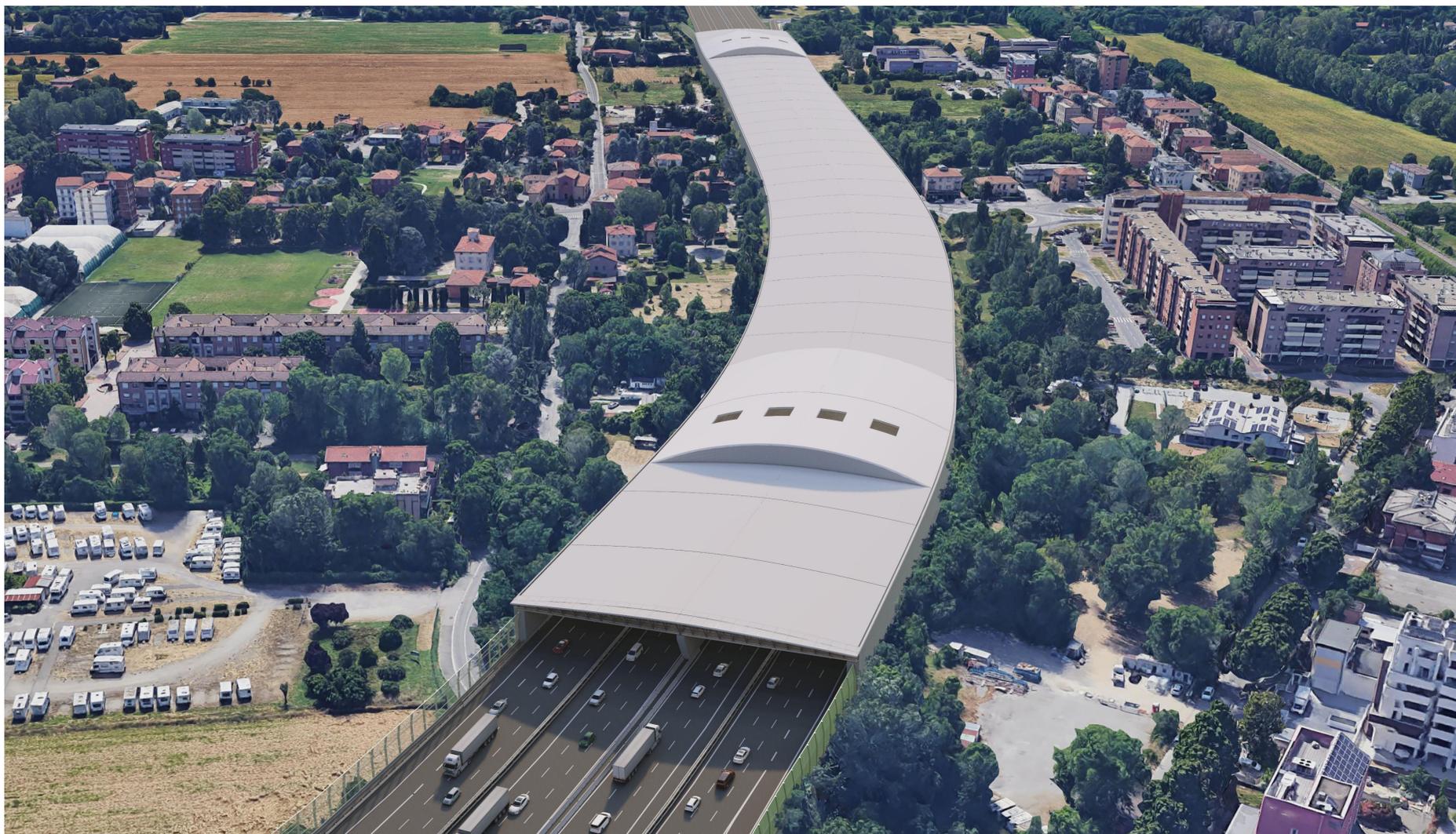


Figura 1-21 Galleria Croce del Biacco - vista aerea - centrale di filtrazione in copertura



Figura 1-22 Galleria Croce del Biacco - vista da terra - stato di fatto



Figura 1-23 Galleria Croce del Bianco - vista da terra - centrale di filtrazione esterna



Figura 1-24 Galleria Croce del Bianco - vista da terra - centrale di filtrazione in copertura

### 1.3 INSERIMENTO PAESAGGISTICO DELLE NUOVE GALLERIE

#### 1.3.1 Premessa

Nel seguente paragrafo saranno analizzate le strategie di inserimento paesaggistico delle nuove gallerie valutando punti di forza e criticità delle due diverse soluzioni tipologiche proposte: *galleria con centrale di filtrazione esterna* e *galleria con centrale di filtrazione in copertura*.

#### 1.3.2 Galleria con centrale di filtrazione esterna

Le strategie che vengono qui di seguito illustrate, rappresentano alcune indicazioni progettuali che mirano alla valorizzazione e ottimizzazione architettonica degli elettrofiltri delle nuove gallerie previste nel contesto del Passante di Bologna.

Date le peculiarità dei diversi ambiti è stato possibile individuare differenti temi sui quali agire attraverso azioni progettuali che migliorano e valorizzano in maniera contemporanea e nuova le relazioni tra gli impianti di filtraggio dell'aria e il luogo in cui essi sono inseriti.

Attraverso l'uso di materiali differenti, tecnologie alternative e sistemi naturali a basso impatto, sarà quindi possibile definire una nuova "immagine" del comparto.

I diversi ambiti che compongono questa ampia area di intervento sono quindi trattati tenendo in considerazione le criticità e soprattutto le specificità proprie delle parti prese in analisi, cercando di raggiungere gli obiettivi di seguito riportati, valorizzando le singole potenzialità.

In questo senso l'architettura può avere proprio il ruolo di dar forma fisica ai luoghi e al suo contesto sociale e culturale, promuovendo processi di dialogo tra quartieri limitrofi e stakeholder locali e cercando di fare sinergia tra le potenzialità del territorio.

Anche in contesti sensibili attenti progetti di inserimento paesaggistico di opere di infrastrutturazione del territorio possono trasformare il problema in opportunità, rappresentando l'occasione per dare assetti innovativi e valenza ecologica ambientale a porzioni di territorio con una identità in divenire.

#### 1.3.2.1 Centrali di filtrazione integrate nel paesaggio

##### 1.3.2.1.1 Riferimenti progettuali: Termovalorizzatore di Brescia



Figura 1-25 Progetto: Jorrit Tornquist - Committente: A2A - Luogo: Brescia - Anno: 1996

##### 1.3.2.1.2 Riferimenti progettuali: MFO Park a Zurigo



Figura 1-26 Progetto: Burckhardt + Partner and Raderschall - Committente: Comune di Zurigo - Luogo: Zurigo - Anno: 2002

#### 1.3.2.2 Centrali di filtrazione come polo attrattivo

##### 1.3.2.2.1 Riferimenti progettuali: Termovalorizzatore Copenhill di Copenaghen



Figura 1-27 Progetto: Bjarke Ingels Group - Committente: Amagerforbraending - Luogo: Copenaghen - Anno: 2017

1.3.2.2 Riferimenti progettuali: Centrale termoelettrica di Trino Vercellese



Figura 1-28 Progetto: Michele De Lucchi - Committente: Enel produzione - Luogo: Trino Vercellese (VC) - Anno: 1999

1.3.2.3 Centrali di filtrazione come landmark

1.3.2.3.1 Riferimenti progettuali: Termovalorizzatore di Vienna



Figura 1-29 Progetto: Friedensreich Hundertwasser - Committente: Energie Wien - Luogo: Vienna - Anno: 1987

1.3.2.3.2 Riferimenti progettuali: Centrale di teleriscaldamento di Torino

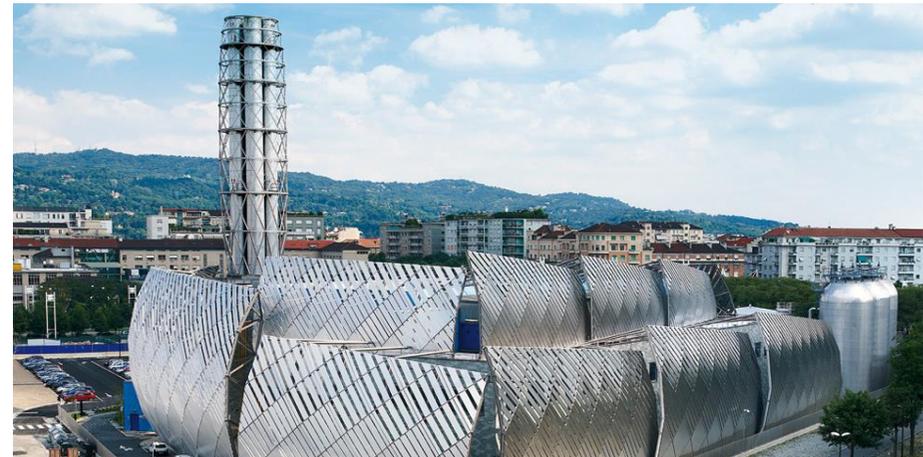


Figura 1-30 Progetto: Studio Buffi Associés, - Committente: Inde Energia S.p.A. - Luogo: Torino - Anno: 2012

1.3.3 Galleria con centrale di filtrazione in copertura

Come già descritto e rappresentato precedentemente i volumi tecnici della centrale di filtrazione (lunghezza 70 m, larghezza 30 m, altezza 8 m) sono integrati nel volume della copertura permettendo di realizzare un unico volume anche se ad altezze differenti.

1.3.4 Valutazioni conclusive

Le *planimetrie*, le *sezioni* e i *fotoinserimenti* riportati nei paragrafi precedenti consentono di valutare l'inserimento paesaggistico delle gallerie nel contesto circostante. Si precisa che nei fotoinserimenti le gallerie sono rappresentate con colore neutro in quanto l'obiettivo della valutazione è il rapporto dei nuovi volumi con l'intorno urbano. In una seconda fase sarà redatto uno studio specifico del colore.

Premesso che le gallerie (larghezza 70 m, altezza variabile dai 9 ai 20 m dal piano strada e lunghezza 1 chilometro) sono dei volumi tecnici funzionali all'infrastruttura il cui carattere è alieno rispetto al tessuto urbano circostante le due soluzioni ipotizzate si differenziano per:

Centrale di filtrazione esterna

- Maggiore consumo di suolo per la realizzazione delle centrali esterne con perdita di aree agricole e verde urbano.
- Impatto visivo rilevante delle centrali che necessita di un accurato progetto di mitigazione ed integrazione nel contesto

Centrale di filtrazione in copertura

- Ridotto consumo suolo
- Miglior integrazione delle centrali nel volume complessivo della galleria

Occorre in ogni caso eseguire una valutazione del rumore prodotto dalle centrali di filtrazione ed individuare delle eventuali misure di contenimento necessarie per la sorgente puntuale non contemplate nel presente studio.

## 1.4 IMPIANTI DI FILTRAZIONE E ABBATTIMENTO POLVERI

### 1.4.1 Descrizione impianto di abbattimento polveri ed NO<sub>x</sub> per la galleria tipo del Passante di Bologna

Come anticipato in premessa i due inquinanti su cui si sono concentrate le analisi sono il particolato (emesso dai motori diesel da abrasione di freni, pneumatici e manto stradale) e gli ossidi di azoto.

La richiesta del Comune di Bologna di prevedere coperture per la riduzione delle emissioni e l'abbattimento delle stesse attraverso dei filtri di tipo elettrostatico, lungo il Passante di Bologna, porta come conseguenza la necessità di aumentare i tratti in copertura artificiale con lo scopo di confinare i prodotti della combustione all'interno di una o più gallerie artificiali, onde consentire, in prossimità dello sbocco delle stesse, una estrazione meccanica forzata dell'aria, con conseguente filtrazione dell'aria viziata proveniente dalla galleria.

E' stato pertanto preso in considerazione un tratto tipico di strada di lunghezza prossima al chilometro, ubicato lungo il Passante di Bologna, con inserimento di una galleria artificiale, dotata di una centrale di ventilazione, avente lo scopo di convogliare ed estrarre i prodotti della combustione dei veicoli transitanti sia lungo l'arteria autostradale che quella riferita alla tangenziale, consentendone, attraverso un sistema di abbattimento delle polveri e degli ossidi di azoto, una riduzione degli inquinanti in atmosfera.

### 1.4.2 Impianto di filtrazione del particolato a mezzo di filtri meccanici

Nel passato l'utilizzo di filtri meccanici non ha preso piede a causa delle elevate perdite di carico del circuito di filtrazione.

Con l'utilizzo di cartucce filtranti, è ora possibile ottenere elevate prestazioni di separazione con una bassa caduta di pressione.

I filtri a cartuccia si puliscono in modo automatico mediante aria compressa che consente di mantenere la caduta di pressione in valori accettabili. Il vantaggio di questa soluzione rispetto ai precipitatori elettrostatici è una struttura molto più snella e semplice, senza dover ricorrere a:

- alta tensione
- pulizia umida del sistema filtrante
- facile manutenzione

Il filtro è concepito per ridurre le perdite di carico al minimo possibile, stimate intorno i 300 Pa.

L'attività svolta dai filtri meccanici adibiti alla filtrazione delle polveri può essere suddivisa in due step:

- collettamento delle particelle di polvere – Step 1
- pulizia delle particelle con aria compressa – Step 2

L'aria inquinata proveniente da una galleria viene filtrata raccogliendo quante più particelle possibili comprese quelle ultrafini con meno di 1 micron.

La figura (A) mostra il flusso d'aria attraverso una cartuccia filtrante di un filtro meccanico, dotata di diversi mezzi filtranti per le migliori prestazioni di filtrazione. Come mostrato sul filtro (B), le particelle di polvere vengono raccolte meccanicamente dal sistema di filtrazione.

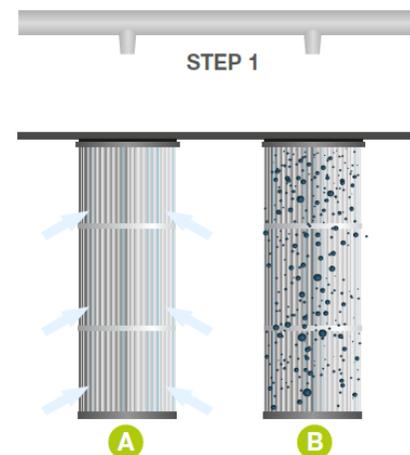


Figure 1-31 Step 1 - Collettamento delle particelle di polvere

Il processo di lavaggio a secco del filtro meccanico funziona in modo completamente automatico. Le elettrovalvole comandate da un software dedicato eiettano, a mezzo di aria compressa, la polvere che viene espulsa dalla cartuccia filtrante (C), portando alla pulizia del filtro (D). Tale procedimento avviene durante il funzionamento dell'impianto di filtrazione.

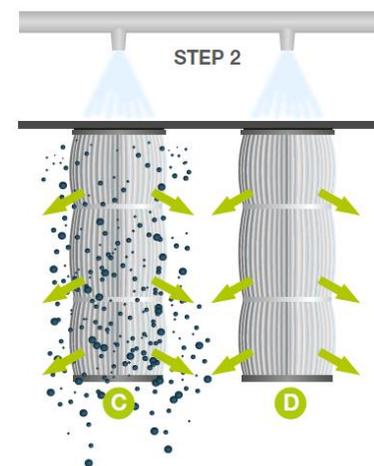


Figure 1-32 Step 2 - Pulizia delle particelle con aria compressa

I vantaggi di tale sistema di filtrazione meccanico risiedono principalmente in:

- assenza di tensioni elevate;
- sistema di pulizia ad aria compressa con controllo automatico continuativo; 24 ore al giorno e 7 giorni alla settimana;
- manutenzione senza arresto del sistema di filtrazione;
- nessun trattamento con acqua per la pulizia dei filtri;
- modularità di impianto per eventuali integrazioni del sistema.

Occorre tuttavia studiare nel dettaglio le modalità di manutenzione e pulizia periodica dei filtri, con individuazione anche delle modalità di smaltimento dei residui prodotti ed eventuale individuazione di siti utili allo stoccaggio dei rifiuti raccolti dai sistemi di abbattimento degli inquinanti.

### 1.4.3 Impianto di denitrificazione degli ossidi di azoto

Il sistema di denitrificazione viene ubicato a valle dei filtri adibiti alla filtrazione del particolato.

Il sistema di denitrificazione rimuove il biossido d'azoto (NO<sub>2</sub>) insieme ad altri gas inquinanti.

Tale sistema è composto da dei carboni attivi con proprietà catalitiche speciali in una struttura appositamente progettata.

L'NO<sub>2</sub> reagisce sia per adsorbimento che per reazione catalitica con i carboni attivi producendo degli ossidi superficiali innocui.

Il filtro di denitrificazione funziona senza necessità di ulteriori ausili. Inoltre, oltre agli ossidi di azoto, vengono rimossi in contemporanea altri inquinanti quali l'ozono, SO<sub>2</sub> e idrocarburi.



Figura 1-33 Separazione catalitica di NO<sub>2</sub>

Il filtro è concepito per ridurre le perdite di carico al minimo possibile, stimate intorno i 700 Pa. L'aria inquinata percorre il filtro a velocità ridotta così da massimizzare la rimozione degli inquinanti, aumentando il rendimento e diminuendo i consumi.

Grazie alle proprietà catalitiche viene garantita una lunga vita operativa senza necessità di manutenzione particolare:

- non si devono utilizzare composti chimici pericolosi
- non si ha necessità di rigenerazione
- lunga vita operativa
- rimozione di ozono, SO<sub>2</sub> e idrocarburi

Grazie alla semplicità strutturale si riducono i costi d'installazione e se ne migliora l'efficienza. Non è necessaria manutenzione. Nel lungo periodo si mantengono ottime qualità di filtrazione:

- Perdita di carico: 500 – 800 Pa
- Vita operativa: > 26.000 h
- By-Pass: necessità di by-pass a causa del pericolo di auto-combustione

### 1.4.4 Centrale di ventilazione per il Passante di Bologna

L'impianto di filtrazione in oggetto è costituito da due centrali di filtrazione, disposte la prima (Centrale A) al servizio del fornice verso la A1 (Milano) e la seconda (Centrale B) al servizio del fornice verso la A14 (Taranto).

Le centrali sono dotate di cabine elettriche di trasformazione MT/BT.

Le centrali di filtrazione sono ubicate:

- fornice direzione Milano (centrale A) in prossimità dello sbocco del fornice;
- fornice direzione Taranto (centrale B) in prossimità dello sbocco del fornice.

Ciascuna centrale è costituita:

- sezione di presa dell'aria viziata (A.V.) dalla galleria
- sezione di filtrazione meccanica delle polveri
- sezione di denitrificazione
- sezione di ventilazione
- sezione di espulsione dell'aria purificata
- sezione dedicata agli impianti elettrici

Ciascuna centrale è sistemata con la sezione di estrazione in prossimità dallo sbocco del fornice corrispondente.

Per le centrali disposte al di sopra dei fornici della galleria, la sezione di espulsione non è provvista di torri di espulsione dell'aria, ma di un semplice grigliato, posto a raso rispetto alla copertura della centrale stessa. Tale soluzione è stata pensata per evitare interferenze di tipo paesaggistico.

Viceversa, per le centrali poste lateralmente alle gallerie, è stata prevista una torre di espulsione dell'aria, tale da consentire il getto dell'aria filtrata ad elevata velocità in atmosfera, in modo tale da sfruttare le correnti atmosferiche naturali per la dispersione della stessa.

Tale scelta deriva dal fatto che non tutte le sostanze presenti nei prodotti della combustione, quali ad esempio il Piombo, vengono trattate dai sistemi oggi disponibili in commercio e con efficienze ridotte rispetto all'azione dei filtri antiparticolato.

I ventilatori individuati sono del tipo assiale monostadio, costituiti da:

- girante unidirezionale con pale a profilo alare per alte prestazioni fluidodinamiche;
- cassa ventilatore;
- motore elettrico trifase con rotore a gabbia di scoiattolo, con relativa morsetteria;
- accessori: piedi di supporto, giunti antivibranti, basamento inerziale, molle antivibranti.

La portata stimata in estrazione varia dai 500 ai 625 m<sup>3</sup>/s.

Le caratteristiche aerauliche di ogni singolo ventilatore risultano pertanto variabili fra i 100 ed i 125 m³/s:

Portata volumetrica stimata	100 m³/s	125 m³/s
Numero ventilatori previsti	5	5
Pressione totale stimata	2000 Pa	2000 Pa
Tipologia	Assiale monostadio	Assiale monostadio
Diametro	2000 mm	2000 mm
Cassa	Lunga	Lunga
Potenza motore	315 kW	400 kW

Le caratteristiche aerauliche sui riferiscono condizioni standard ambientali (+20°C) – densità aria 1,2 kg/m³.

Potenze, necessarie al funzionamento di una galleria artificiale:

- Potenza installata stimata per funzionamento n. 2 centrali di abbattimento inquinanti: compresa fra 4+5 MW;
- Potenza installata stimata per il funzionamento impianti fluido meccanici ed elettrici presenti nei 2 forni della galleria: ~ 4 MW;
- Potenza stimata per il funzionamento impianti fluido meccanici ed elettrici con necessità di funzionamento continuo per i 2 forni della galleria: ~ 0,75+1 MW.

In totale quindi il fabbisogno energetico è stimato in circa 10 MW per galleria ogni galleria L= 950 m (equivalente alla produzione elettrica di 3/4 pale eoliche o 250.000 m² di pannelli fotovoltaici).

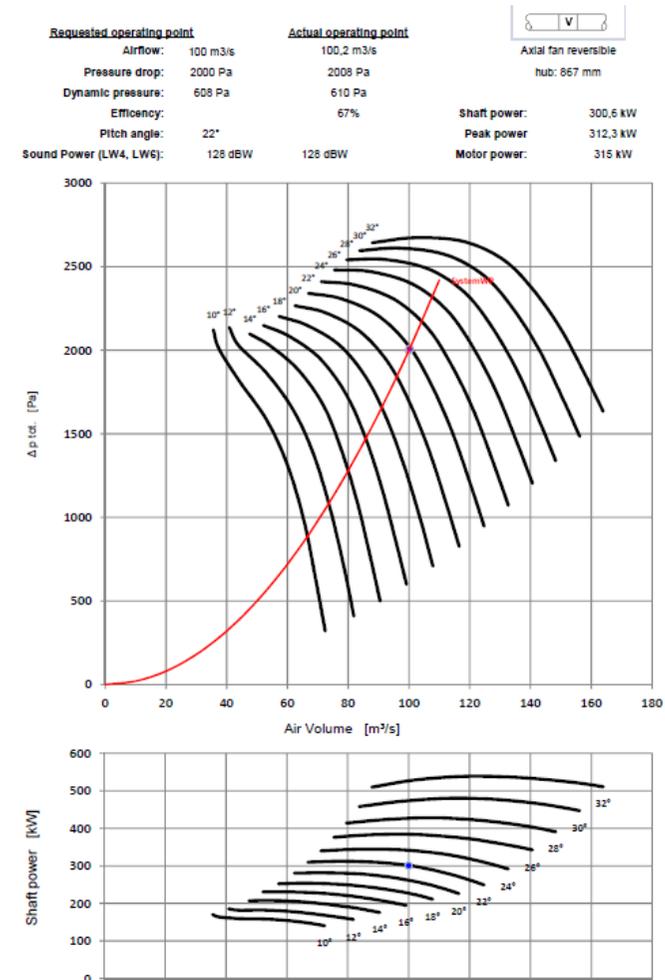


Figura 1-34 Curve caratteristiche ventilatore da 100 m³/s

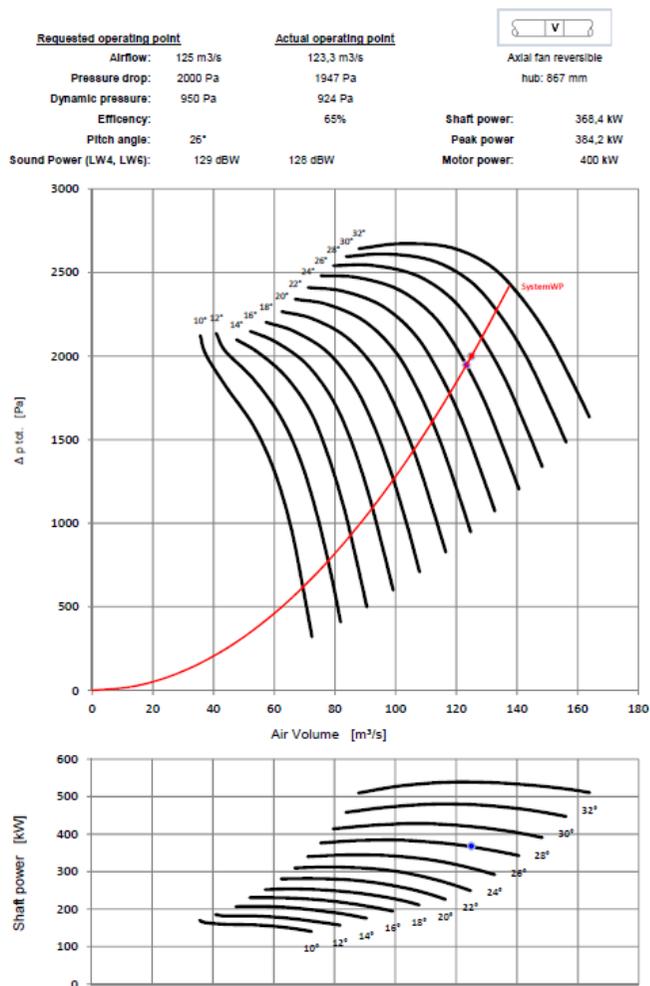


Figura 1-35 Curve caratteristiche ventilatore da 125 m<sup>3</sup>/s

#### 1.4.5 Impianti da prevedersi all'interno della galleria

Di seguito, si riporta un elenco degli impianti da prevedersi entro gallerie ricedenti entro il D.lgs. 264/2006, aventi una lunghezza prossima ai 1.000 m:

- Impianto di illuminazione ordinaria e di emergenza;
- Impianto illuminazione di sicurezza;
- Impianto di ventilazione in galleria;
- Impianto controllo atmosfera in galleria (CO-OP-NO<sub>2</sub>);
- Impianto controllo della velocità dell'aria in galleria (AN);
- Impianto antincendio ad idranti;
- Impianti meccanici ed elettrici a servizio delle eventuali vie di fuga;
- Impianti elettrici nelle cabine elettriche;
- Strade elettriche in galleria (canaline portacavi, cavidotti, tubazioni di raccordo, etc.);
- Cavi elettrici di potenza e segnale;
- Impianto di terra;
- Impianto TVCC;
- Impianto rilievo traffico in galleria;
- Impianto segnaletica luminosa in galleria;
- Impianto chiamata di soccorso (SOS) in galleria;
- Impianto radio in galleria;
- Impianto rilevazione incendi in galleria;
- Impianto di controllo e supervisione.

#### 1.4.6 Considerazioni generali relative all'efficienza dell'impianto di filtrazione

Il sistema proposto, con estrazione ai portali, è efficace solo per diminuire le emissioni verso l'esterno della galleria ma non all'interno della stessa. In proposito occorre effettuare una attenta valutazione della portata effettivamente estratta dal sistema di ventilazione in funzione dell'"effetto pistone" dei veicoli in condizioni di traffico fluido nonché valutare il funzionamento del sistema in caso di incendio.

Infatti, malgrado la presenza dei filtri, l'effettivo volume d'aria trattato e, di conseguenza, la percentuale di inquinanti effettivamente filtrata è estremamente legata alla velocità di percorrenza dei veicoli in galleria.

In linea generale, come riportato nella relazione del CNR, gli analoghi esempi di applicazione in Italia e nel mondo si sono rivelati di scarsa efficacia e in molti casi gli impianti sono stati dismessi.

Da considerare che l'evoluzione del parco veicolare potrebbe già da solo agire su polveri (ad eccezione della parte legata alle abrasioni) ed NO<sub>x</sub>, considerando l'avvento dei motori ibridi ed elettrici ed il graduale abbandono dei motori diesel, almeno con riferimento ai veicoli leggeri, rendendo ridotto l'effetto di tali sistemi di abbattimento.

La soluzione scelta agisce solo su alcuni tipi di inquinanti (polveri) ed NO<sub>x</sub> e non, ad es. sulla CO<sub>2</sub>; di conseguenza potrebbero crearsi delle situazioni di concentrazioni di inquinanti non abbattuti in corrispondenza dei camini. Vi è pertanto la necessità, in caso di centrale di filtrazione a terra, di torri di espulsione dell'aria tratta di elevata altezza, onde consentire un'espulsione dell'aria stessa ad elevata velocità affinché i venti prevalenti la disperdano su una superficie più ampia possibile.

Il ricambio del parco veicolare potrebbe già da solo agire su polveri (ad eccezione della parte legata alle abrasioni) ed NO<sub>x</sub>, considerando l'avvento dei motori ibridi ed elettrici ed il graduale abbandono dei motori diesel, almeno con riferimento ai veicoli leggeri, rendendo quindi meno utile l'investimento.

Si deve inoltre tener conto che per agire sugli inquinanti suddetti si debbono creare gallerie artificiali che comunque comportano un aggravio di sicurezza per gli utenti nel caso di un evento di incendio all'interno della galleria stessa.

Si segnala inoltre che l'inserimento delle centrali di ventilazione, aspirazione e trattamento degli inquinanti comporterà la necessità di eseguire un nuovo studio acustico per la fase di esercizio.

In particolare, devono essere eseguiti:

- la valutazione dell'impatto previsionale acustico per i nuovi impianti;
- la revisione dello studio acustico per l'infrastruttura stradale in fase di esercizio;
- la sovrapposizione dell'effetto indotto dai nuovi impianti e dall'esercizio autostradale.

Tale studio non è di facile esecuzione in quanto devono essere adeguatamente considerati i diversi limiti e i differenti contributi di emissione acustica.

Gli impianti di trattamento necessiteranno di misure di mitigazione per il rumore, in particolare nella soluzione più elevata. Tali misure di mitigazione comportano un aumento di costo e la necessità di rivedere l'inserimento architettonico degli interventi.

Dovranno infine essere valutate anche le modalità di smaltimento dei rifiuti prodotti dai sistemi di abbattimento inquinanti nonché i relativi costi.



Figura 1-36 Schema centrale di filtrazione esterna

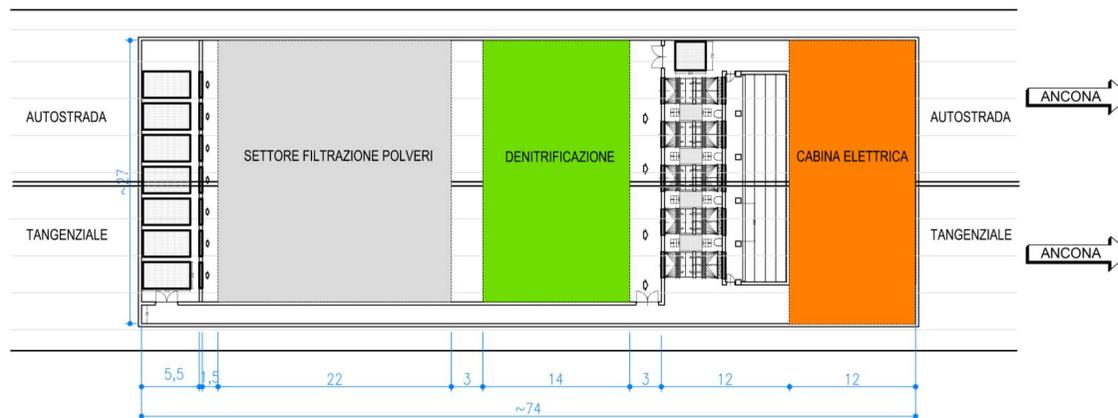


Figura 1-37 Schema centrale di filtrazione su galleria

**1.5 INTERFERENZA CON LE OPERE ATTUALMENTE PREVISTE IN PROGETTO ED EVENTUALE PREDISPOSIZIONE IN "FASE 1"**

Al fine di garantire la compatibilità tra le opere attualmente previste in progetto (denominate di Fase 1), il cui iter approvativo dal punto di vista ambientale è già stato espletato, e la futura realizzazione delle gallerie (Fase 2), in questo paragrafo vengono analizzate le interferenze e individuate le necessarie modifiche da introdurre al progetto attuale, per limitare gli impatti sulle opere.

Vedremo che l'interferenza con le opere può essere gestita predisponendo adeguate fondazioni in Fase 1 mentre rendere compatibile il sistema di drenaggio di piattaforma, completamente differente nelle due configurazioni, non risulta applicabile a causa delle prescrizioni normative. Pertanto, il sistema di drenaggio dovrà essere modificato contestualmente all'eventuale realizzazione delle gallerie artificiali in Fase 2.

**1.5.1 Interferenza con barriere acustiche e opere di sostegno**

Nei tratti individuati per la realizzazione delle gallerie sono presenti numerose barriere acustiche e opere di sostegno le cui fondazioni dovranno essere modificate in Fase 1 per sostenere la struttura delle gallerie.

Le fondazioni delle barriere acustiche, al momento, sono costituite da pali di diametro pari a 600-800mm e lunghezza da 6m a 8m (a seconda delle altezze delle barriere acustiche che possono variare da 5m a 13m) posti ad un interasse di 4m e collegati da un cordolo sommitale di dimensioni pari a 80-100cm per 130cm.

Sulla base di un dimensionamento preliminare, tali fondazioni dovranno essere sostituite da:

- Una fila di pali di diametro pari a 1,0m passo 1,2m e lunghezza pari a 25m + una seconda fila di pali passo 2,4 – nel caso galleria con sezione tipologica standard

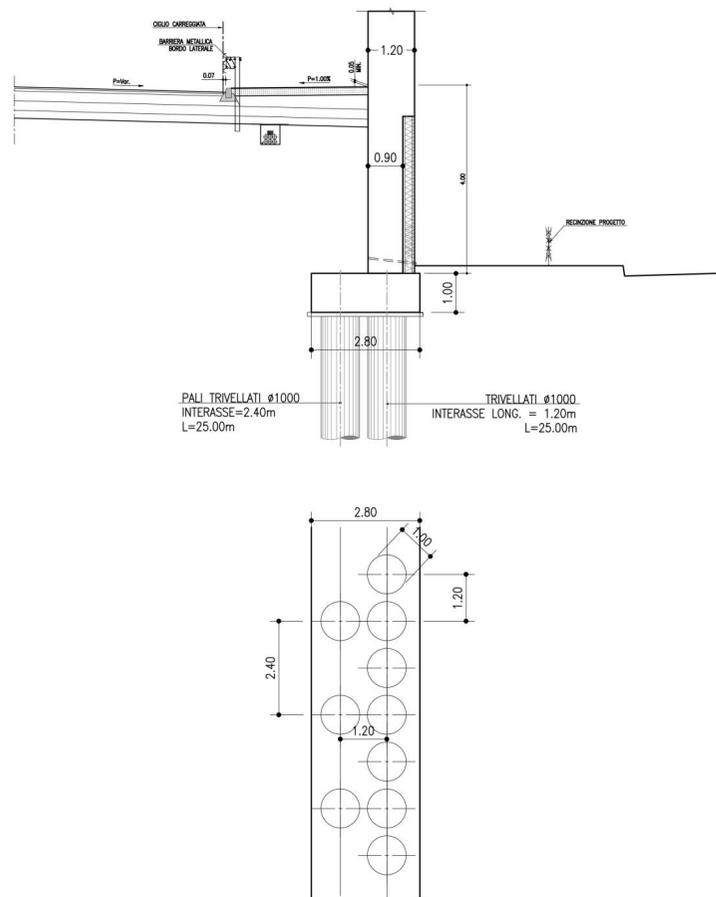


Figura 1-39 Fondazioni sezione tipologica standard

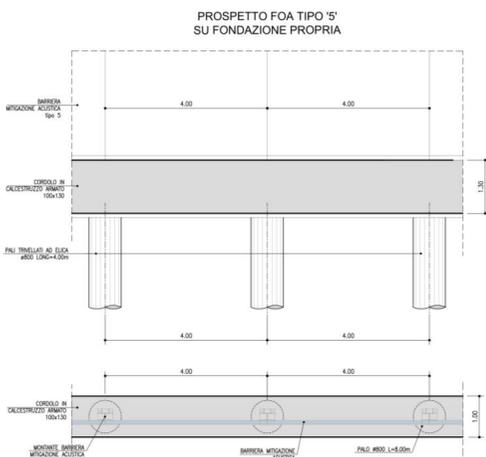
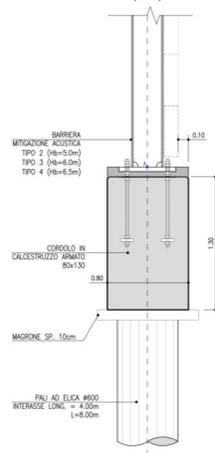


Figura 1-38 Particolare fondazione barriere acustiche

SEZIONE TIPO CORDOLO DI FONDAZIONE PER INSTALLAZIONI TIPO '2', '3' E '4' (1:20)



- Una fila di pali di diametro pari a 1,5m passo 1,7m e lunghezza pari a 30m + una seconda fila di pali passo 3,4 – nel caso galleria con sezione tipologica piastra c.a.

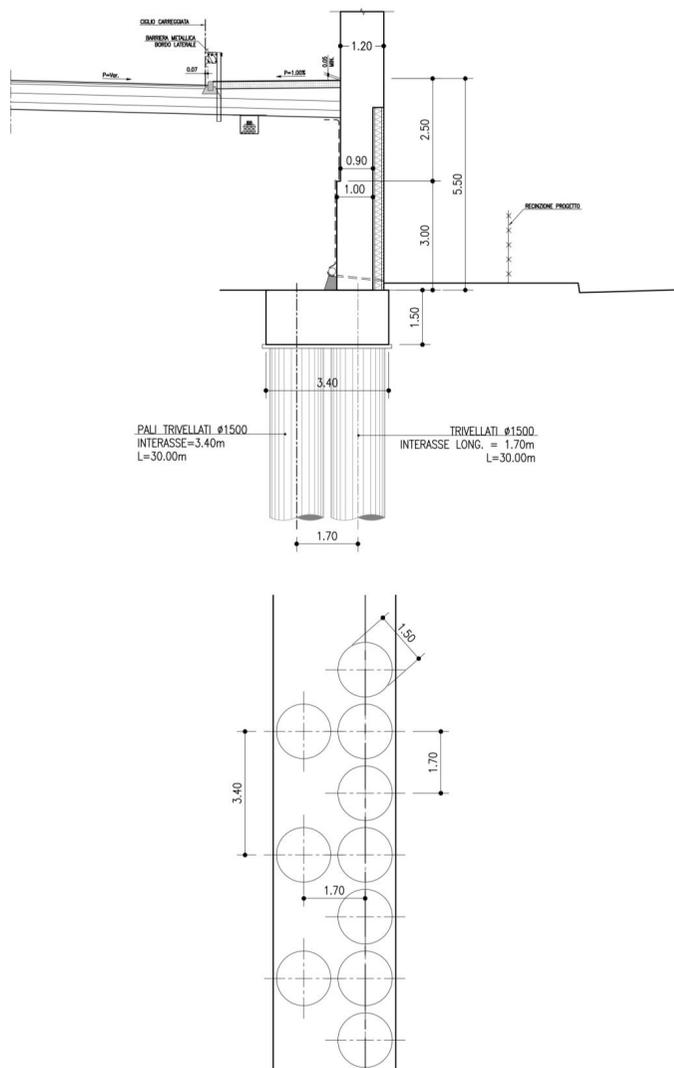


Figura 1-40 Fondazioni sezione tipologica piastra c.a.

In Fase 2 verranno eventualmente smontate le barriere acustiche presenti nei tratti e realizzate le gallerie utilizzando le fondazioni già predisposte in Fase 1.

Sarà inoltre necessario realizzare in Fase 1, sui cigli esterni dove non sono attualmente previste in Fase 1 barriere acustiche, le fondazioni delle future gallerie.

### 1.5.2 Interferenza con strutture PMV e segnaletica fissa

Nei tratti individuati per la realizzazione delle gallerie sono presenti strutture per il sostegno dei pannelli a messaggio variabile e di segnaletica fissa, che saranno realizzati in Fase 1.

In Fase 2 queste strutture saranno smontate e le fondazioni, eventualmente interferenti, saranno demolite. In questi tratti saranno quindi installati pannelli e cartelli da galleria.

### 1.5.3 Interferenza con piazzole tecniche in corrispondenza dei PMV e allargamenti "esecutivi"

In corrispondenza delle strutture di sostegno dei PMV verranno realizzate in Fase 1 delle piazzole tecniche per l'ubicazione degli apprestamenti necessari per il funzionamento dell'impianto e la sosta di un mezzo per la manutenzione.

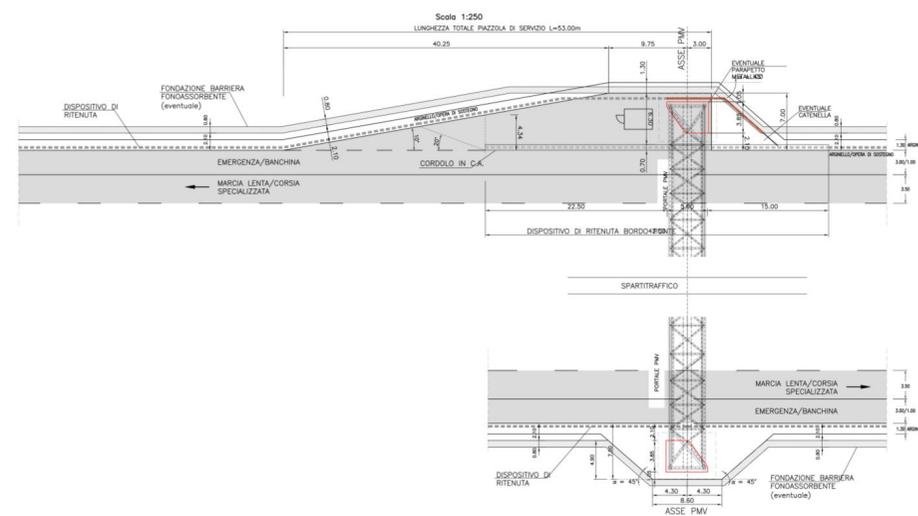


Figura 1-41 Stralcio planimetrico piazzola di servizio portale PMV

In Fase 2, assieme allo smontaggio del portale, sarà necessario eliminare queste piazzole, demolire eventuali basamenti interferenti e realizzare le fondazioni delle gallerie in corrispondenza di questi punti.

Analogamente, in Fase 1 saranno realizzati degli allargamenti (piccole piazzole) per rendere compatibili le geometrie delle barriere acustiche in corrispondenza di portali.

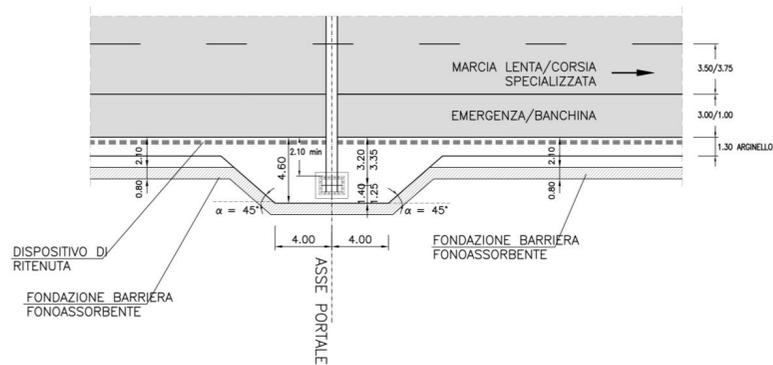


Figura 1-42 Allargamento arginello su portali segnaletica con barriera fonoassorbente esterna

In Fase 2 saranno eliminati questi allargamenti e demolite eventuali fondazioni interferenti.

### 1.5.4 Interferenza con spartitraffico centrale e tubazione idraulica

Il sistema attualmente previsto in progetto prevede la realizzazione di un collettore centrale, canalette e barriere di sicurezza bifilari in cls di tipo bordo ponte (ancorate su fondazione).

Questo sistema dovrà essere così modificato:

#### Fase 1

- realizzazione fondazione galleria
- installazione di barriere bifilari in cls di tipo bordo ponte (ancorate su fondazione)
- sistema idraulico costituito da doppio collettore e canaletta centrali

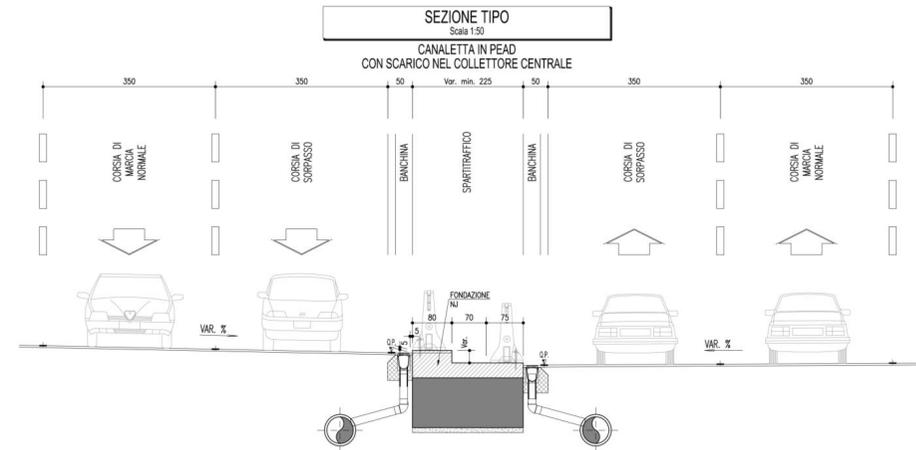


Figura 1-44 Sezione tipo fase 1

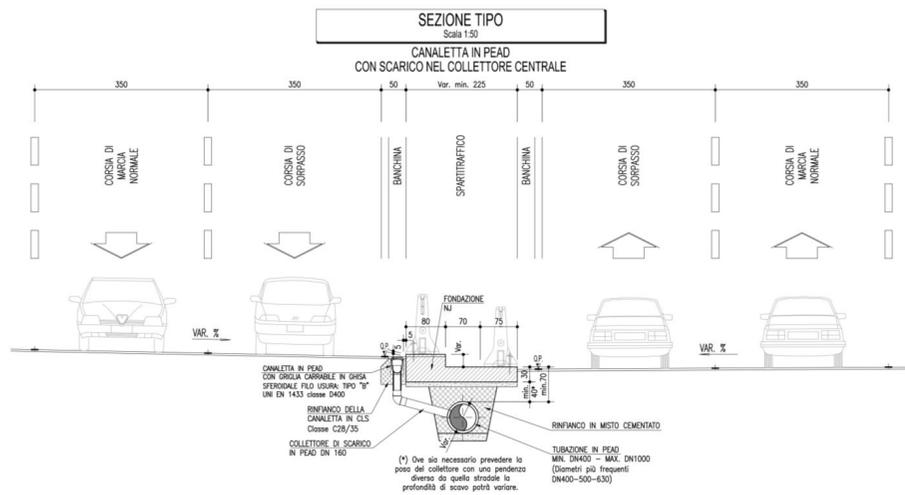


Figura 1-43 Sezione tipo progetto Passante



2. Anche il reticolo dei collettori è totalmente differente: nel caso in galleria è necessario prevedere collettori longitudinali con recapito alle vasche di raccolta dei liquidi pericolosi poste normalmente agli imbocchi (preferibilmente in piazzola); invece nella configurazione attuale la rete dei collettori prevede, ad interassi variabili (100-200 m), manufatti scatolari trasversali che convogliano le acque verso i fossi/canali di laminazione. Inoltre, il drenaggio in spartitraffico dovrà essere modificato sostituendo il collettore centrale con due collettori separati per ciascuna carreggiata.
- L'incompatibilità tra le due configurazioni consiste quindi nel fatto che in Fase 1 la rete idraulica è costituita da collettori e manufatti scatolari trasversali che convogliano le acque esternamente verso i fossi di laminazione, mentre in Fase 2, per vincolo normativo, si devono introdurre due collettori longitudinali posti lungo il ciglio laterale delle tangenziali, per l'intera estensione della galleria. Inoltre, in Fase 2 dovranno essere previste vasche di raccolta dei liquidi pericolosi. Infine, i fossi di laminazione dovranno essere adeguati alla raccolta delle acque spioventi, provenienti dalla copertura della galleria e scollegate al sistema idraulico di piattaforma di Fase 1.

Infine, in alcuni casi i collettori longitudinali non riescono ad attraversare alcune opere (es. tombino Ghisiliera). Questo comporta la necessità di scaricare le acque fuori dalle gallerie e prevedere un'ulteriore vasca di stoccaggio. Andrà inoltre progettato il reticolo di laminazione.

## 2 APPLICAZIONE SISTEMI A BASE DI MATERIALI FOTOATTIVI - "FASE 1"

### 2.1 BIBLIOGRAFIA

I contenuti del presente paragrafo sono tratti dal documento "Rapporto tecnico. Analisi dello stato di applicazione delle diverse tecnologie per l'abbattimento di inquinanti nei tunnel disponibili sul mercato a livello nazionale ed internazionale" redatto dall'Istituto sull'inquinamento atmosferico del CNR. Tale documento contiene all'interno del paragrafo 6 ulteriori riferimenti bibliografici.

Con riferimento agli esempi di applicazione dei materiali fotoattivi si citano (rif. Par. 3.2.2 e del rapporto tecnico):

- tunnel Umberto I di Roma (Guerrini, 2012 2012)
- tunnel Leopoldo II in Belgio (Gallus et al., 2015)
- Koningstunnel nei Paesi Bassi
- Tratto autostradale rivesto con biossido di titanio (Chen and Chu, 2011)
- street canyon di Parigi (Maggos et al., 2007)
- Sezione stradale con traffico elevato (Borlaza 2013)
- studi svolti a Londra e nei Paesi Bassi (Barratt, 2007; IPL, 2010; Tremper and Green, 2016).

### 2.2 SINTESI DELLE MIGLIORI TECNICHE AD OGGI APPLICABILI

Tra le diverse tecniche per l'abbattimento degli inquinanti in ambito stradale rientrano i materiali fotocatalitici da costruzione, ovvero malte, pavimentazioni, pitture, intonaci e rivestimenti contenenti sostanze fotocatalitiche con biossido di titanio, per la riduzione di ossidi di azoto, VOC, batteri e di altri inquinanti atmosferici. Attualmente sono disponibili numerosi prodotti commerciali in grado di svolgere questa funzione. Grazie alla loro facilità d'uso ed al relativo basso costo, le vernici fotocatalitiche costituiscono la tecnica di rimozione degli inquinanti maggiormente utilizzata tra quelle disponibili. I prodotti fotocatalitici in grado di abbattere l'inquinamento atmosferico rientrano nelle "Linee Guida per l'utilizzo di sistemi innovativi finalizzati alla prevenzione e riduzione dell'inquinamento ambientale", indicate nel D.M. del 1° aprile 2004, dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

Le vernici fotocatalitiche sono efficaci in particolare per la rimozione degli ossidi di azoto. Il processo attraverso cui le vernici abbattano gli inquinanti è la fotocatalisi a base di particelle di biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) che agiscono principalmente sugli ossidi di azoto (NOx) presenti nell'aria e su altri inquinanti. Tra i vari foto catalizzatori, il biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>), è stato ampiamente utilizzato nella fotocatalisi eterogenea, grazie alla sua stabilità chimica, non tossicità e basso costo. Il biossido di titanio irraggiato dalla luce solare o da una lampada a raggi UV sulla lunghezza d'onda 315-400 nm, assorbe l'energia portata da un fotone e scatena la reazione che decompone le sostanze inquinanti organiche ed inorganiche presenti nell'aria sottoposta al processo. Il meccanismo con cui i materiali, come il biossido di titanio, trasferiscono l'energia assorbita dalla luce ad altre sostanze poste nelle loro immediate vicinanze, consiste nella donazione di elettroni. Il titanio non interviene nella reazione fotocatalitica, la favorisce soltanto, prestando i suoi elettroni che successivamente riacquista dall'ambiente, quindi non si consuma. Il biossido di titanio si comporta solo come accettore di elettroni.

Generalmente, una tipica reazione fotocatalitica con biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) può essere suddivisa in molti processi fondamentali, tra cui formazione di portatori di carica, separazione, rilassamento, intrappolamento, trasferimento, ricombinazione e trasporto e rottura/formazione del legame (per i dettagli si rimanda al paragrafo 2.2.5.1 Vernici fotocatalitiche del Rapporto tecnico sopracitato).

Attualmente, il grande interesse per la fotocatalisi del TiO<sub>2</sub> è ancora concentrato sulle applicazioni di conversione attraverso energia solare con applicazione in ambiti esterni. Uno svantaggio del TiO<sub>2</sub> come foto catalizzatore è il suo ampio gap di banda, tra 3,20 e 3,02 eV (corrispondenti a 384 e 410 nm); ciò vale a dire che il TiO<sub>2</sub> può assorbire solo il ≈5% dello spettro solare.

Per quanto riguarda invece l'applicazione di vernici fotocatalitiche all'interno delle gallerie, poiché i tunnel hanno un ampio rapporto tra superficie trattata e volume, e dispongono di luce artificiale (luce UV), gli stessi sembrerebbero un luogo ideale per l'applicazione di tali materiali. Tuttavia, gli ambienti chiusi presentano anche degli inconvenienti, incluso il potenziale per un rapido accumulo di particelle e VOC che può andare a ricoprire la superficie verniciata

rendendola meno efficace. In ambito stradale in esterno, infatti, l'acqua piovana contribuisce a lavare i nitrati che possono accumularsi sulla superficie fotocatalitica, mentre ciò non avviene all'interno dei tunnel. Va inoltre notato l'illuminazione artificiale necessaria all'attivazione dei materiali all'interno dei tunnel aggiunge costi ed energia per l'utilizzo di tale soluzione.

Gli studi condotti sul campo illustrano che la vernice fotocatalitica può essere un'opzione praticabile in casi molto specifici, ma che i test del sito, con casi attivi e di controllo comparabili, sono di primaria importanza.

Gli studi sul campo disponibili mostrano risultati molto contrastanti in termini di prestazioni nel mondo reale, con efficienze di rimozione riportate che vanno da meno del 2% fino all'80%.

I fattori che possono concorrere all'efficienza della soluzione sono di seguito brevemente illustrati.

Il materiale di supporto ha dimostrato di avere un impatto significativo sulle prestazioni complessive, il che significa che lo stesso fotocatalizzatore a base di TiO<sub>2</sub> può funzionare molto meglio nel tempo se applicato al cemento rispetto al vetro o all'asfalto e se applicato con un diverso metodo di incorporazione.

In condizioni ambientali molto umide, ossia con umidità relativa superiore al 70%, le reazioni a catena di fotocatalisi degli NOx procedono più lentamente, al punto che può avvenire il rilascio di NO<sub>2</sub>, più dannoso dell'NO, prima della sua conversione a HNO<sub>3</sub>. Un eccesso di umidità può anche portare alla formazione di altri sottoprodotti, quali ozono, N<sub>2</sub>O o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dannosi per la qualità dell'aria o per la formazione di ozono troposferico. Inoltre, le reazioni fotocatalitiche non sono selettive per gli NOx e i radicali coinvolti possono piuttosto reagire con altri inquinanti, quali ad esempio i VOC, la cui ossidazione ad aldeidi può portare all'avvelenamento permanente della superficie fotocatalitica. L'impatto dell'umidità relativa sembra essere un fattore chiave nelle prestazioni: come descritto in numerosi studi di laboratorio, le prestazioni diminuiscono in modo significativo nell'intervallo 70-80% di umidità relativa. In Europa, ad esempio, l'UR media su 12 mesi è stata compresa tra il 74 e il 78% negli anni 1980-2016.

È stato altresì dimostrato che l'irraggiamento, in particolare nella regione UV, ha un impatto sul tasso di riduzione degli NOx. Questo può infatti variare anche a seconda di dove sono installate le superfici fotocatalitiche, delle caratteristiche locali del sito, come l'altezza degli edifici circostanti, il grado di copertura e, più in generale, la latitudine. La luce UV è in genere indicata come il 3-5% della radiazione solare totale, ma questo è solo il caso a mezzogiorno per latitudini inferiori a 35°.

La verniciatura su superfici verticali risente meno dei problemi di degradazione che possono verificarsi nel caso di asfalto mescolato a biossido di titanio, in quanto meno suscettibili ad abrasione. Analogamente, alte concentrazioni di NOx possono ridurre, anche se temporaneamente, l'efficacia della verniciatura, che può essere però recuperata anche con semplici lavaggi che permettono la rimozione di nitrati dalla superficie. Il problema può presentarsi maggiormente all'interno di tunnel, dove la concentrazione di inquinanti può essere in generale maggiore e dove non si verificano lavaggi frequenti per precipitazioni atmosferiche.

Un ulteriore aspetto che determina l'efficacia delle vernici sono le alte concentrazioni di NOx per accumulo di nitrati sulla superficie, che determinano un calo del tasso di rimozione, dal 58,5% al 34,3% per NO<sub>2</sub> - ma tali nitrati possono essere rimossi con dei lavaggi (che portano ad un'efficacia del 43%), che però sono più complessi da svolgere in galleria.

Dunque, nel complesso questa tipologia di sistema di abbattimento è relativamente a basso costo e facilmente praticabile, rispetto ad altri metodi ma occorre effettuare test in situ per verificare l'effettiva efficacia nei singoli contesti perché l'efficienza può variare di molto da sito a sito. Va osservato che, seppure in galleria le operazioni di lavaggio e il costo della manutenzione delle luci è un costo aggiuntivo rispetto ad un tratto aperto, si ha uno delle condizioni ottimali per l'azione del biossido di titanio a causa dell'elevato rapporto superficie attiva/volume e una attività 24/24 per la presenza di luci UV rispetto ad un tratto stradale privo di galleria.

Si propone di impiegare vernici fotocatalitiche, per circa 50.000 mq totali (al momento applicabili solo al calcestruzzo ed in colore bianco):

- sui paramenti verticali delle gallerie;
- sulla parte interna dei pannelli in calcestruzzo alla base delle barriere acustiche;
- sulle barriere spartitraffico tipo NJ.

### 2.3 PROPOSTA DI APPLICAZIONE

Sulla base delle considerazioni svolte e riportate al paragrafo precedente la proposta prevede l'applicazione di vernici fotocatalitiche di colore bianco sulle superfici maggiormente esposte alle sostanze inquinanti prodotte dal traffico veicolare lungo il tratto interessato dal progetto. Tali superfici, attraverso l'energia del sole ed eventualmente anche apposite lampade UV, potranno ridurre l'accumulo degli inquinanti presenti nell'ambiente sfruttando il processo della fotocatalisi ossidandoli e decomponendoli in maniera più efficace, contribuendo a migliorare le prestazioni ambientali dell'infrastruttura.

Gli ambiti di applicazione potranno essere di tre tipologie, al fine di attuare in maniera integrata il processo di riduzione degli inquinanti generati dal processo di combustione dei gas di scarico, trasformandoli in sali (nitrati di sodio e di calcio) ed anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Nel dettaglio si propone di rivestire con vernice fotocatalitica:

- le pareti delle gallerie che verranno realizzate lungo il Passante per una superficie pari a tutta l'altezza delle superfici verticali;
- gli elementi inferiori delle barriere fonoassorbenti costituiti da un pannello verticale in calcestruzzo di altezza pari a 50cm;
- le barriere di sicurezza spartitraffico costituite da elementi modulari New Jersey in calcestruzzo di altezza pari a circa 100cm.

L'applicazione di tali soluzioni agli ambiti proposti potrà essere confermata solo dopo aver effettuato test in situ per verificare l'effettiva efficacia nei singoli contesti.

Nella figura seguente si riporta un esempio di trattamento con vernice fotocatalitica a base di biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) di barriere fonoassorbenti lungo lo svincolo Osnabrück-Nord sulla Autostrada A1 (Germania).



Figura 2-1 Applicazione di vernice fotocatalitica su barriera fonoassorbente

L'applicazione di vernice fotocatalitica su una barriera di sicurezza tipo New Jersey, data la grande superficie esposta al sole, si ritiene altrettanto adatta per l'impiego di rivestimento protettivo antinquinamento al biossido di titanio.



Figura 2-2 Applicazione su barriera di sicurezza tipo New Jersey

Di seguito, infine, un esempio di sperimentazione di rivestimento delle pareti interne di un tunnel nel centro della città di Bruxelles (tunnel Leopold II) con vernice fotocatalitica in cui è visibile anche l'impianto di illuminazione a raggi UV per il mantenimento costante e omogeneo dei livelli di luminosità.



Figura 2-3 Applicazione di vernice fotocatalitica sulle pareti interne di un tunnel cittadino a Bruxelles

### 3 PREDISPOSIZIONE SISTEMI DI RICARICA DINAMICA PER VEICOLI ELETTRICI - "FASE 1" PREVIA VALUTAZIONE APPROFONDATA

#### 3.1 OVERVIEW GENERALE

Per tutte le tecnologie di ricarica proposte non esistono ad ora soluzioni commerciali che vedano una pronta utilizzabilità. E questo è anche dovuto al fatto che tali sistemi sono finora stati dimostrati solo in via sperimentale e non esiste ancora una industrializzazione.

Allo stato attuale non esistono veicoli elettrici in commercio equipaggiati con gli adeguati apparati che permettano l'uso di sistemi conduttivi o di ricarica senza fili. Questo rende difficoltoso valutare la fattibilità tecnica ma, ancor di più, rende impossibile la valutazione reale circa la fattibilità economica dell'installazione di tali sistemi.

Al momento, in Europa si contano diverse sperimentazioni avviate grazie a diversi progetti finanziati dalla comunità europea e alcuni progetti finanziati puramente da privati. Il più noto tra i progetti europei è dedicato ai sistemi di ricarica su strada e sicuramente il progetto FABRIC (*FeASiBility analysis and development of on-Road charging solutions for future electric vehiCles*). Nell'ambito di tale progetto sono state sperimentate tutte le soluzioni citate nel documento della Città Metropolitana di Bologna ovvero i sistemi di ricarica conduttivi per veicoli pesanti basati su catenaria e i sistemi di ricarica induttiva (wireless) per veicoli elettrici in movimento.

Nello specifico, il progetto FABRIC ha permesso lo sviluppo di sistemi prototipali basati su tali tecnologie analizzando diverse possibilità realizzative e fornendo importanti informazioni tecnico-economiche sulla fattibilità, la gestione e la dismissione di tali sistemi.

Per i sistemi wireless sono state valutate diverse possibilità come quelle di integrazione delle bobine al di sotto della pavimentazione stradale o affioranti. Per i sistemi conduttivi, oltre al sistema basato su catenaria e pantografo a bordo veicolo, è stata valutata anche la possibilità di sistemi a binario conduttivo integrati nella pavimentazione accoppiati con sistemi a braccio installati a bordo veicolo.

In termini installativi, per tutti questi sistemi, si è evidenziato come gli aspetti maggiormente critici siano rappresentati dall'alimentazione ovvero dall'interfaccia con la rete elettrica e dall'integrazione nell'infrastruttura autostradale.

Il deliverable pubblico D3.2.1 "Technical and user requirements" del progetto FABRIC indica che il ricorso ad un qualunque dei sistemi presi in esame, richiederebbe una potenza di 30 kW per ogni veicolo leggero, fino ad una velocità massima considerata pari a 80 km/h, ed una potenza di 125 kW per ogni veicolo pesante (considerando sempre la stessa velocità massima). Naturalmente, tali potenze crescono di molto se vengono considerate velocità maggiori. I livelli di potenza per veicolo indicati comportano livelli di potenza al chilometro nel range tra 1 e 12 MW. Tali livelli di potenza, accompagnati da forti possibili fluttuazioni di carico sulla base delle possibili condizioni di traffico, richiedono necessariamente il ricorso a sistemi di storage per l'interfaccia con la rete. Il deliverable D3.2.1 fornisce un valore indicativo per uno storage pari a 7 MW di potenza nominale ed una capacità di 7 MWh (come riferimento di costo si può ipotizzare 1M€/MWh). Tale valore rappresenta comunque un valore minimo che può risultare efficace solo se accompagnato da un adeguato sistema di controllo della carica e scarica.

Lo stesso documento sintetizza anche i risultati relativi all'uso combinato di sistemi fotovoltaici per mitigare le fluttuazioni e abbassare i picchi di potenza richiesti alla rete elettrica. Il documento conclude che le potenze in gioco e le possibili fluttuazioni non possano essere efficacemente mitigate dall'uso di impianti fotovoltaici nelle dimensioni e nelle condizioni installative considerate nello studio ovvero compatibili con il contesto stradale.

Il deliverable pubblico D3.3.2 "Gap Analysis" indica invece gli aspetti legati all'implementazione e alla gestione dei sistemi di ricarica che, alla data di stesura del documento, non erano coperti da alcuna tecnologia. Chiaramente, il documento è stato terminato a metà del 2015 quindi diversi passi avanti sono stati compiuti, ma alcuni degli aspetti indicati restano tuttora aperti. Si tratta di aspetti legati principalmente all'integrazione nell'infrastruttura stradale a livello di pavimentazione, ma soprattutto a livello di gestione e interazione con la rete elettrica; senza dimenticare l'aspetto fondamentale rimasto invariato negli ultimi anni: nessun produttore di veicoli elettrici implementa di default il necessario equipaggiamento per l'utilizzo dei sistemi di ricarica analizzati. Tra i principali aspetti analizzati, vengono riportati di seguito quelli ritenuti maggiormente critici per il road operator:

- **Integrazione nella pavimentazione**  
Al momento i diversi prototipi testati in Europa, Asia e USA hanno evidenziato come l'integrazione della parte trasmittente (bobine) sia un problema critico che interessa principalmente la tenuta strutturale della pavimentazione, ma anche la gestione dei processi di stesa e di manutenzione. La valutazione dell'impatto della presenza delle bobine all'interno della pavimentazione sulla tenuta della pavimentazione stessa è considerata tra i risultati di maggior rilievo attesi dalle diverse sperimentazioni. Questi risultati andranno in ogni caso validati con prove a fatica che simulino tempi compatibili con processi manutentivi della pavimentazione e che quindi vedono la decina di anni come fronte temporale.
- **Gestione dell'infrastruttura lato strada**  
La gestione di un'infrastruttura di ricarica in movimento richiederebbe una robusta e diffusa struttura di comunicazione tra i veicoli, l'infrastruttura di ricarica e i dispositivi che permettono il controllo e la gestione al road operator (ovvero l'infrastruttura e gli apparati tecnologici che ultimamente vengono inclusi sotto la definizione di Smart Road).  
Al momento una tale infrastruttura non esiste. Per quanto diverse case automobilistiche stiano lavorando sulle tecnologie della Smart Road, al momento non esiste una armonizzazione: diverse case automobilistiche stanno sperimentando i propri dispositivi e protocolli senza una interazione diretta con chi gestisce l'infrastruttura stradale. Collaborazione su questo fronte stanno nascendo in Italia anche con le società del gruppo Autostrade, ma questo continua a sottolineare come una tale infrastruttura possa al momento esistere solo in via sperimentale e puntuale su tratti limitati e controllati.
- **Connessione alla rete elettrica**  
Come già indicato in precedenza, la realizzazione di una corsia per la ricarica in movimento dei veicoli presupporrebbe livelli di potenza al chilometro tali da richiedere una connessione alla rete di media tensione, la necessità di provvedere ad un irrobustimento dei componenti elettrici di rete (in primis i cavi e sistemi di protezione) e di installare dispositivi che permettano di alimentare in modo sicuro le porzioni di corsia equipaggiata per la ricarica: cabine di trasformazione MT/BT, convertitori di potenza AC/DC e/o DC/DC e sistemi ausiliari di gestione e protezione.

Infine, è possibile dare uno sguardo al quadro normativo legato ai sistemi di ricarica wireless per veicoli elettrici. Al momento, nel mondo occidentale, esistono tre principali standard legati ai sistemi di ricarica wireless:

- Lo standard SAE J2954 - "Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology".  
Tale standard sviluppato in ambito automotive con forte impronta statunitense è stato pubblicato per la prima volta nel maggio del 2016, ma ha subito diverse revisioni, l'ultima delle quali risale ad ottobre 2020.
- Lo standard IEC 61980 - "Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems".  
Questo standard di stampo europeo nasce dal mondo elettrotecnico. Anche in questo caso, i documenti legati a questo standard sono in continua evoluzione proprio perché la tecnologia che tentano di armonizzare è ancora in uno stadio decisamente poco maturo. L'IEC indica il 2023 come anno di uscita di una versione consolidata dello standard.
- Lo standard ISO/PAS 19363:2017 - "Electrically propelled road vehicles — Magnetic field wireless power transfer — Safety and interoperability requirements".  
Questo standard tenta di armonizzare i due standard precedenti mettendo quindi insieme le indicazioni derivanti dal mondo automotive e quelle derivanti dal mondo elettrico. La sua maturità e le sue evoluzioni sono quindi direttamente dipendenti dagli sviluppi dei due standard precedentemente citati.

Tutti questi standard si riferiscono solo ed esclusivamente ai sistemi di ricarica detti statici ovvero con veicolo fermo e per potenze inferiori ai 22 kW (potenze non compatibili con la ricarica in movimento) ovvero dedicate ai soli veicoli leggeri. Per di più, la standardizzazione viene indicata come completa per i soli livelli di potenza di 3,7, 7,7 e 11 kW mentre diversi punti legati al livello di 22 kW vengono indicati come To-Be-Defined.

I vari enti normativi indicano come tutti gli aspetti circa la possibile estensione di tali sistemi verso la ricarica in movimento saranno presi in considerazione solo in future estensioni degli standard attuali. Quindi, al momento nessuna indicazione viene fornita circa i requisiti per la possibile estensione di tali sistemi verso la ricarica in movimento e i necessari livelli di potenza superiori a quelli attualmente presi in esame.

Nessuno degli standard attualmente disponibili proviene dal mondo stradale e tantomeno affronta le importantissime questioni legate all'integrazione nella pavimentazione, né fornisce indicazioni utili per il road operator.

L'associazione internazionale permanente dei congressi della strada (PIARC) ha istituito solo recentemente un gruppo di lavoro, ovvero un comitato tecnico, che, a partire dai risultati delle diverse sperimentazioni effettuate sui diversi tipi di sistemi di ricarica, inizi a formulare le necessarie linee guida tecniche che saranno alla base degli standard per la creazione delle future infrastrutture stradali dedicate alla ricarica in movimento dei veicoli elettrici.

Per quanto riguarda i sistemi conduttivi basati su catenaria, in questo caso la sperimentazione è stata molto limitata essendo la soluzione proposta da una singola compagnia: Siemens. Anche lato veicolo, i test sul sistema a catenaria sviluppato da Siemens, si sono limitati allo sviluppo di soluzioni prototipali in collaborazione con Scania. Questo comporta una naturale assenza di qualsiasi standardizzazione della tecnologia.

### 3.2 PROGETTI GUIDATI DA PARTENARIATI INDUSTRIALI

#### 3.2.1 SmartRoad di Gotland

Tra i progetti di sperimentazione su campo di soluzioni più mature, il più significativo a livello Europeo è rappresentato dal progetto SmartRoad di Gotland in Svezia. In questa cittadina, un tratto di strada extra-urbana che collega il centro abitato con il vicino aeroporto, è stato equipaggiato per sperimentare la soluzione di alimentazione tramite catenaria sviluppata da Scania in collaborazione con Siemens e una soluzione di ricarica wireless in movimento per un autobus di linea sviluppata dalla società israeliana Electron. Insieme ai sistemi di ricarica, la SmartRoad è stata utilizzata per sperimentare anche una serie di dispositivi e infrastrutture software per la gestione intelligente di tali servizi e la comunicazione tra veicolo e strada per generare l'ecosistema della Smart Road.



Figura 3-1 Installazione di una porzione del sistema di ricarica wireless sviluppato da Electron sulla Smart Road di Gotland.

#### 3.2.2 Arena del futuro Brebemi

Nel maggio 2021, la società Brebemi spa, ha annunciato l'avvio di un progetto mirato alla creazione di un tratto sperimentale per testare la soluzione di ricarica wireless in movimento sviluppata dalla società Electron. A conferma di quanto scritto precedentemente nel presente documento, anche per tale progetto non verrà interessata alcun tratto autostradale vero e proprio, ma, come viene indicato sul sito della società, le sperimentazioni verranno effettuate su un circuito chiuso di circa 1 km situato in un'area privata dell'autostrada A35. Gli obiettivi della sperimentazione, anche in questo caso, saranno mirati a rispondere alle domande aperte indicate nel presente documento.

#### 3.2.3 Bombardier Primove

La società Bombardier sta portando da anni avanti lo sviluppo un sistema per la ricarica wireless detto Primove applicabile a veicoli sia leggeri che pesanti. Tale sistema si basa su segmenti modulari lunghi 20 m contenenti le bobine trasmettenti (ovvero la parte fissa a terra del sistema di ricarica wireless). Ogni segmento è alimentato da un convertitore di potenza indicato come WPC (Wayside Power Converter) che viene alimentato da una linea feeder in DC ad una tensione di 750 V e fornisce una corrente di 400 A alla frequenza di 20 kHz alle bobine.

Come visibile nelle figure sottostanti, per realizzare la linea di alimentazione a 750 V DC, l'architettura prevede l'installazione ad intervalli regolari di una stazione comprendente una cabina di trasformazione MT/BT ed un convertitore AC/DC.

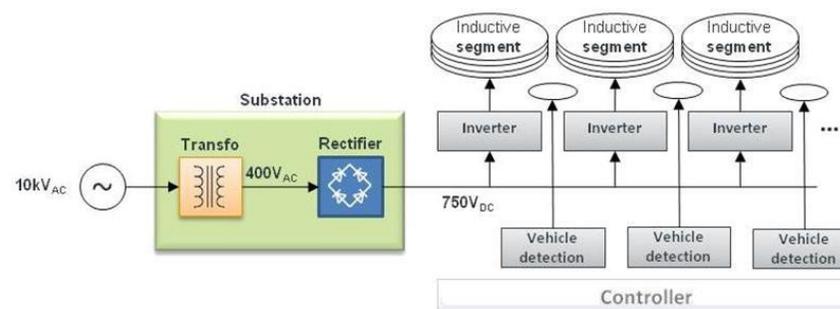


Figura 3-2 Schema dei componenti elettrici principali del sistema Primove (estratto dall'articolo "Inductive charging through concrete roads: A Belgian case study and application" presentato all'European Road Infrastructure Congress del 2016.).

Il sistema posto a terra è incapsulato in dei moduli inseriti all'interno di diversi strati di pavimentazione. Il sistema prevede in ogni caso il ricorso a pavimentazioni totalmente o parzialmente composte da strati di calcestruzzo (quelle che, nel gergo tecnico vengono indicate come pavimentazioni rigide, ovvero in solo calcestruzzo, o miste, ovvero con strati in calcestruzzo e strati in asfalto) come visibile nella figura sottostante.



Figura 3-3 Sezione trasversale di un modulo installativo della soluzione Primove (asfalto e calcestruzzo)

Viene altresì considerata l'installazione, su uno strato di fondazione, di una lastra di materiale conduttivo (tipicamente acciaio o alluminio) che funga da schermo elettromagnetico. L'intera pavimentazione è gestita quindi in modo modulare.

I test effettuati e presentati nell'articolo di *Beeldensa, A., Hauspiec, P., & Perikd, H. "Inductive charging through concrete roads: A Belgian case study and application"*, hanno evidenziato come tale sistema possa creare dei problemi di ripartizione degli stress meccanici nei giunti trasversali tra i moduli e come tali moduli abbiano mostrato una importante deflessione al centro della pavimentazione proprio in corrispondenza dei moduli contenenti il sistema di trasmissione. Ciò sembra indicare una cattiva adesione dello strato di asfalto rispetto allo strato inferiore in calcestruzzo contenente il modulo.

Tutto questo evidenzia come l'installazione su strada rappresenti ancora un grande problema in termini di durabilità della pavimentazione.

### 3.2.4 Sistema conduttivo basato su catenaria



Figura 3-4 Foto del sistema Siemens eHighway

Il sistema a catenaria sviluppato da Siemens, detto eHighway, è stato testato in diverse parti del mondo evidenziando peculiarità indicate nel documento D3.5.1 "Architecture definition" risultante dalle analisi condotte nell'ambito del progetto FABRIC.

Tale sistema è basato su una catenaria formata da una coppia di conduttori a tensioni diverse (diversamente dai sistemi ferroviari in cui i cavi della catenaria sono alla stessa tensione) ed un pantografo installato al di sopra della cabina del veicolo. Una delle maggiori criticità di tale sistema deriva proprio da questo: nei sistemi ferroviari e tramviari è il binario a fungere da secondo conduttore (detto di ritorno) mentre, in questo caso, tutto deve essere gestito tramite la linea aerea. Questo introduce diversi problemi in termini di gestione del sistema e di sicurezza sia nelle normali operazioni che, soprattutto, durante le operazioni di manutenzione. Tale aspetto è ancor più critico se si pensa all'incertezza sul posizionamento laterale dei veicoli rispetto alla catenaria.

I livelli di tensione utilizzati sono due, 750 e 1500 V. In entrambi i casi, i cavi devono essere posti ad una distanza dalla pavimentazione di almeno 5 m. Per il livello di tensione più basso di 750 V si può scendere ad una distanza

pari a 4.2 m mentre non è possibile scendere al di sotto dei 4.8 m per il livello di tensione più alto (che è dedicato espressamente ai mezzi più pesanti).

Anche in questo caso i livelli di potenza al chilometro sono analoghi agli altri sistemi presentati nel presente documento.

#### 3.2.4.1 Compatibilità sistema conduttivo basato su catenaria con progetto Passante

La compatibilità del sistema conduttivo con le opere previste in progetto risulta complessa per la presenza lungo il tratto di numerose opere, essendo il sistema (autostradale + tangenziale) inserito in un ambiente fortemente urbanizzato. In un tratto di circa 13 km sono presenti infatti 13 svincoli lungo la tangenziale e 2 lungo l'autostrada oltre all'interconnessione con l'autostrada A13 che consente lo scambio sia con l'autostrada A14 che con le tangenziali.

Tale sistema interferisce geometricamente con:

- strutture di sostegno dei cartelli di segnaletica fissa – sono presenti mediamente 5 strutture tra due svincoli successivi
- strutture di sostegno dei pannelli a messaggio variabile (PMV) - n.19 strutture
- barriere acustiche - interferenti per circa 15 km
- cavalcavia stradali - n. 9 strutture (compresi quelli di svincolo Fiera)
- cavalcavia ferroviari - n. 5 strutture
- galleria San Donnino
- galleria Croce del Biacco, in direzione nord
- sovrappasso "People Mover"

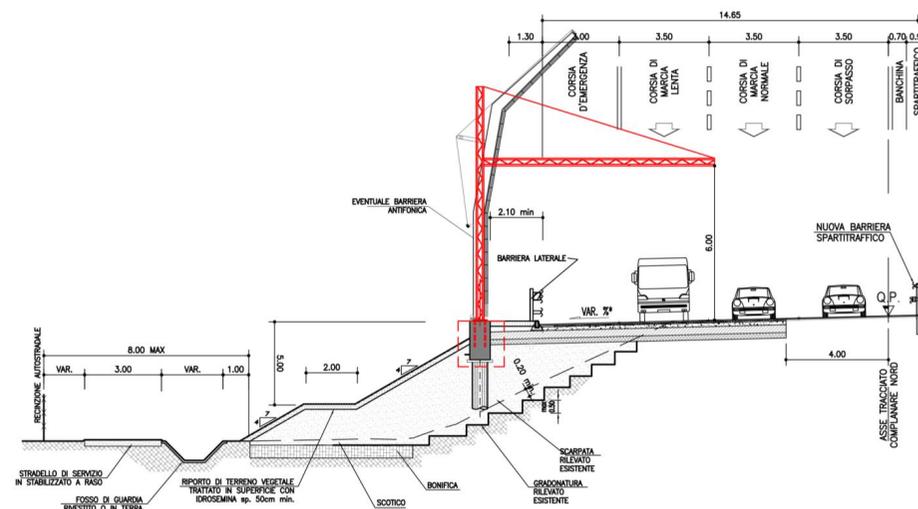


Figura 3-5 Interferenza catenaria – barriere acustiche

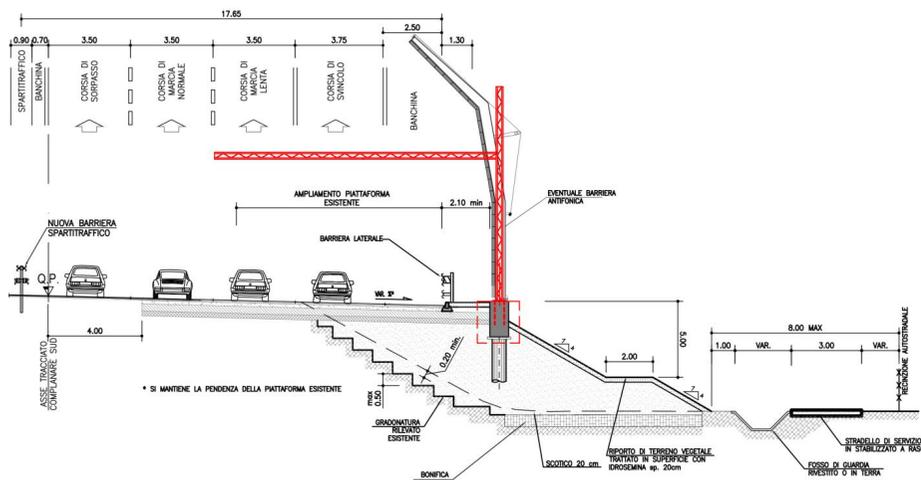


Figura 3-6 Interferenza catenaria – barriere acustiche in corrispondenza degli svincoli

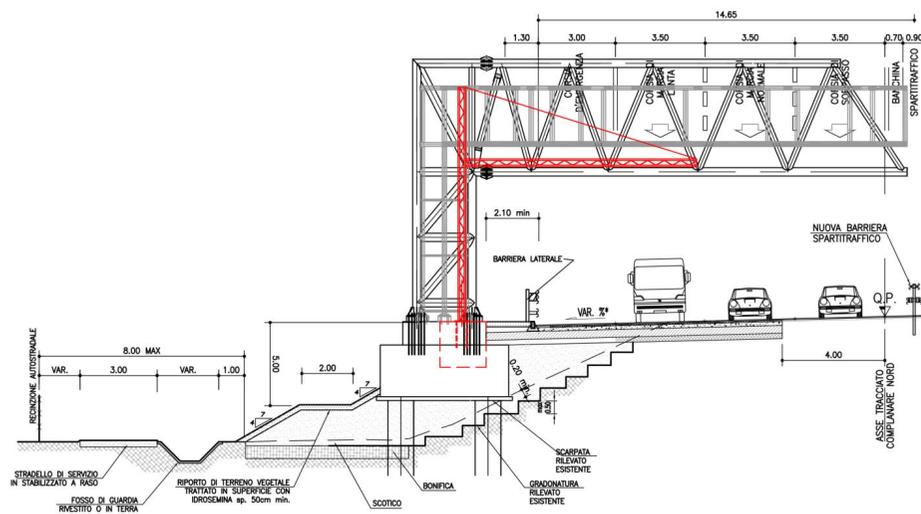


Figura 3-7 Interferenza catenaria – PMV

### 3.3 CONCLUSIONI

I precedenti capitoli riassumono lo stato dell'arte relativo agli sviluppi di sistemi di ricarica dedicati ai veicoli elettrici in movimento e la loro applicazione in ambito autostradale.

Sono state analizzate le due tecnologie prese in considerazione dalla città metropolitana di Bologna ovvero la ricarica in movimento tramite catenaria e la ricarica tramite sistemi wireless.

Per entrambe le tecnologie è stato evidenziato il carattere ancora fortemente sperimentale e il fatto che una fase di industrializzazione non è ancora stata avviata.

Nello specifico del sistema basato su catenaria, è possibile riassumere quanto esposto nei seguenti punti:

- il sistema è stato sviluppato e sperimentato da una singola compagnia (Siemens) con un numero limitato di partner lato veicolo (Scania) ed è quindi un sistema fortemente accentrato e non soggetto ad un processo di standardizzazione. Si ha un accesso ancora limitato alle informazioni circa i costi di realizzazione e di manutenzione;
- non esistono standard che sistematizzino l'implementazione di tali sistemi e quindi la loro omologazione;
- i problemi implementativi riguardano la sicurezza nella gestione della catenaria e soprattutto la gestione durante le operazioni di manutenzione;
- non esiste ancora un mercato di veicoli elettrici pesanti e soprattutto, nessun costruttore (compreso Scania) fornisce modelli provvisti del sistema a pantografo interfacciabili con la catenaria;
- inoltre, è stata condotta una verifica geometrica di compatibilità con le opere che ne rende impossibile l'applicazione al progetto specifico.

Per quanto riguarda i sistemi di ricarica wireless, gli aspetti critici vengono riassunti nel seguente elenco:

- al momento tutti i sistemi di ricarica in movimento hanno un carattere fortemente sperimentale e lontano da una vera industrializzazione;
- tutti gli standard esistenti si riferiscono esclusivamente ad applicazioni dette statiche o stazionarie ovvero con veicolo fermo;
- nessun produttore di veicoli fornisce modelli già equipaggiati con i dispositivi utili all'interfaccia con tali sistemi di ricarica. Esistono alcune proposte commerciali, ma che si riferiscono ad applicazioni statiche per potenze non superiori a 11 kW e pensate per un uso in ambito domestico o fortemente controllato;
- esistono ancora numerosi problemi tecnici da risolvere soprattutto quelli relativi all'integrazione nella pavimentazione delle bobine trasmettenti e alla conseguente durabilità delle pavimentazioni e alla loro manutenzione.

Per entrambe le tecnologie restano critici gli aspetti relativi alla connessione con la rete elettrica per via delle alte potenze in gioco e della variabilità dei carichi richiesti. Tutti i problemi che possono comportare un forte aumento della complessità e del costo infrastrutturale.

In definitiva la tecnologia a pantografo non risulta applicabile al progetto per limiti geometrici e tecnologici, mentre per quanto riguarda il sistema di ricarica induttiva dei veicoli in pavimentazione, considerato che ad oggi non esistono applicazioni omologate e industrializzate di tali tecnologie e che il settore di riferimento è in continua e rapida evoluzione, si propone di eseguire, prima del completamento della pavimentazione stradale (Fase 1), un'analisi di benchmarking internazionale delle migliori tecnologie che saranno disponibili e di testarle in un campo prove di idonea lunghezza. In seguito a tali sperimentazioni ed al nuovo contesto normativo, si valuterà l'implementazione di tale tecnologia nella pavimentazione del Passante previa approvazione di opportuna perizia di variante da parte del Ministero Concedente.

#### **4 INSTALLAZIONE SISTEMI DI RICARICA FAST PER VEICOLI ELETTRICI - "FASE 1"**

È attualmente in corso un progetto di implementazione di sistemi di ricarica elettrici nel tratto bolognese dell'A14 presso le aree di servizio La Pioppa e Sillaro. I progetti prevedono l'installazione di 2 colonnine HPC ad almeno 300kW, ciascuna con 2 punti di ricarica e la predisposizione a livello impiantistico di ulteriori 2 colonnine HPC.

Di seguito si riporta una sintesi degli elaborati di progetto.

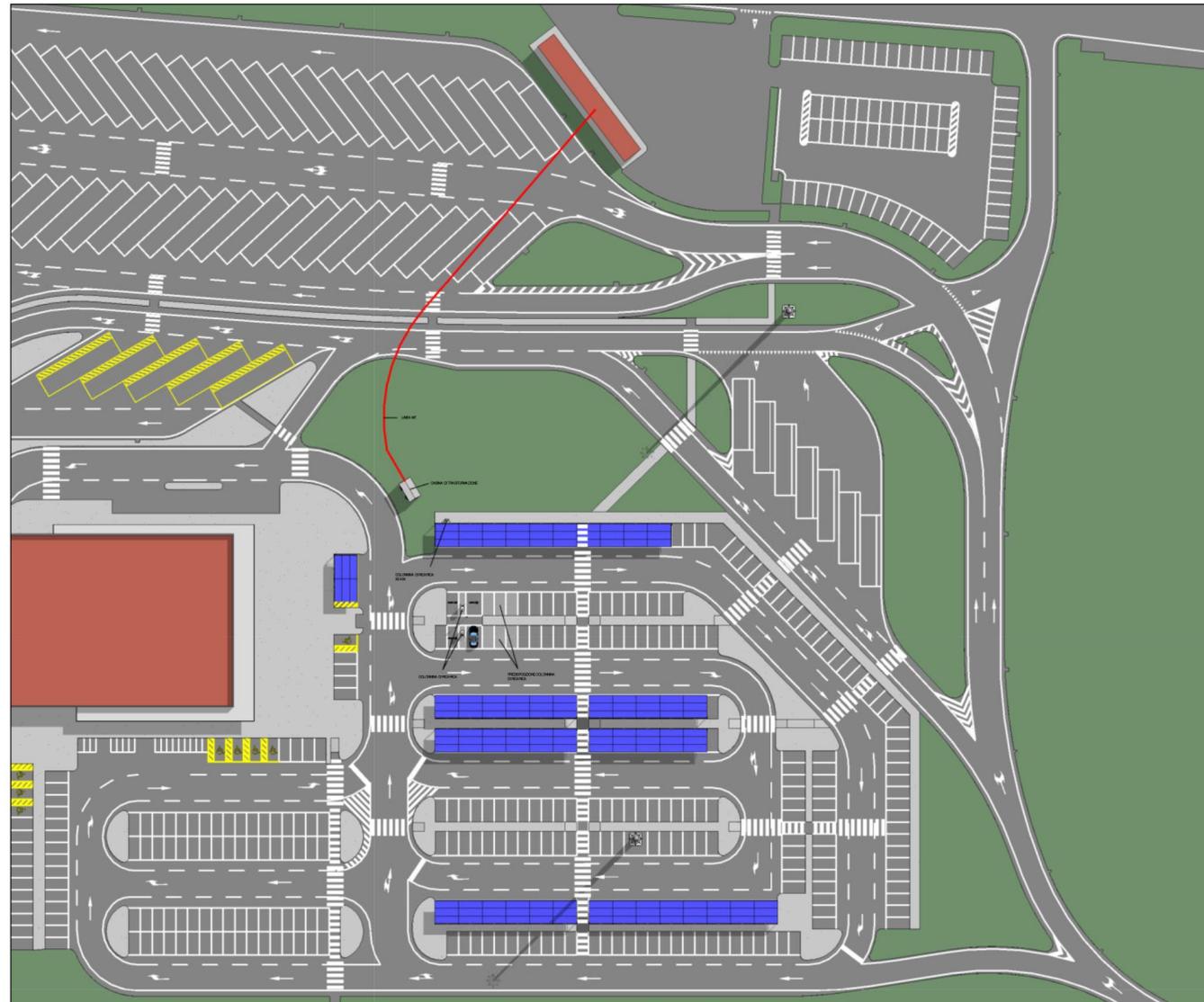


Figura 4-1 Area di Servizio Sillaro est - Planimetria

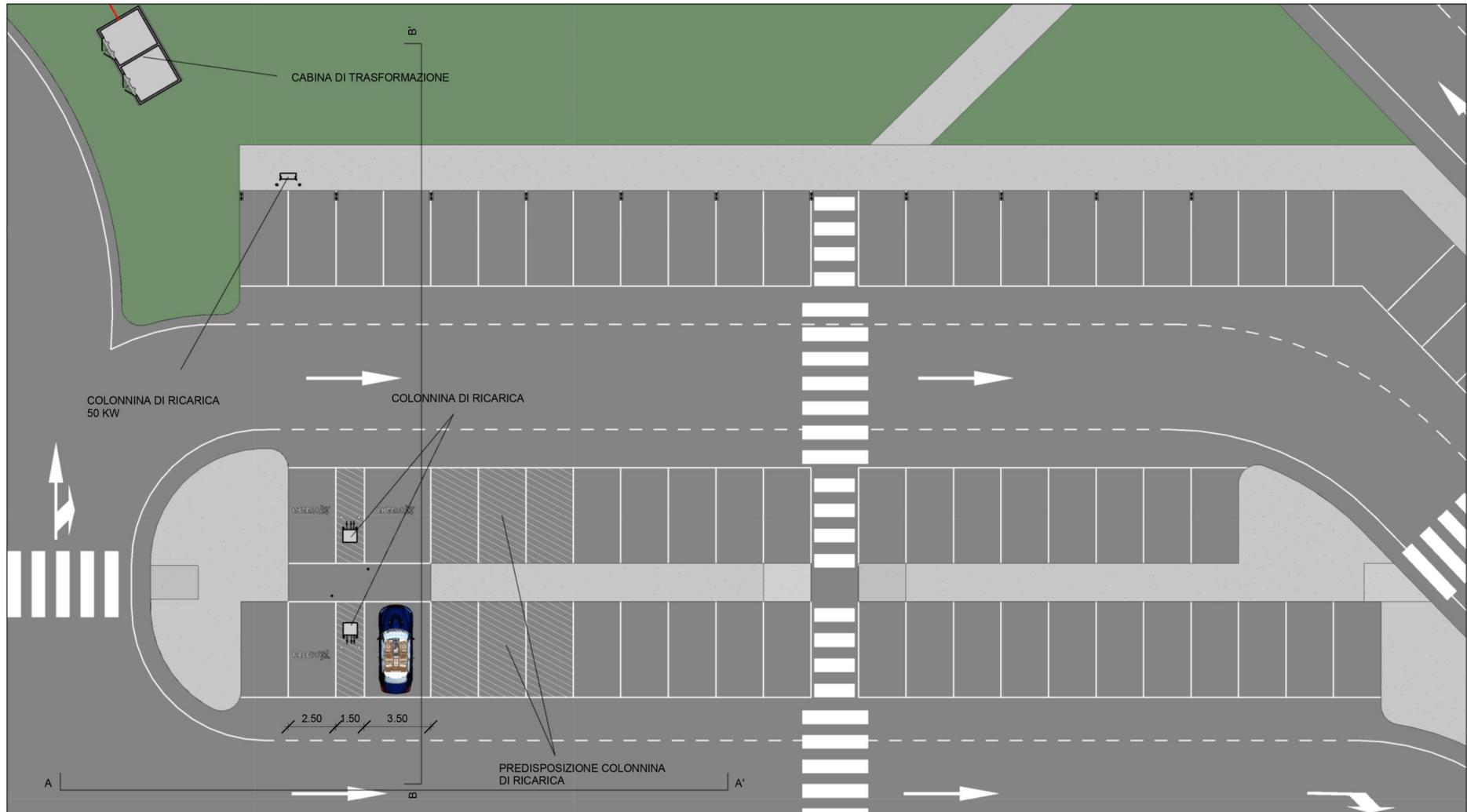
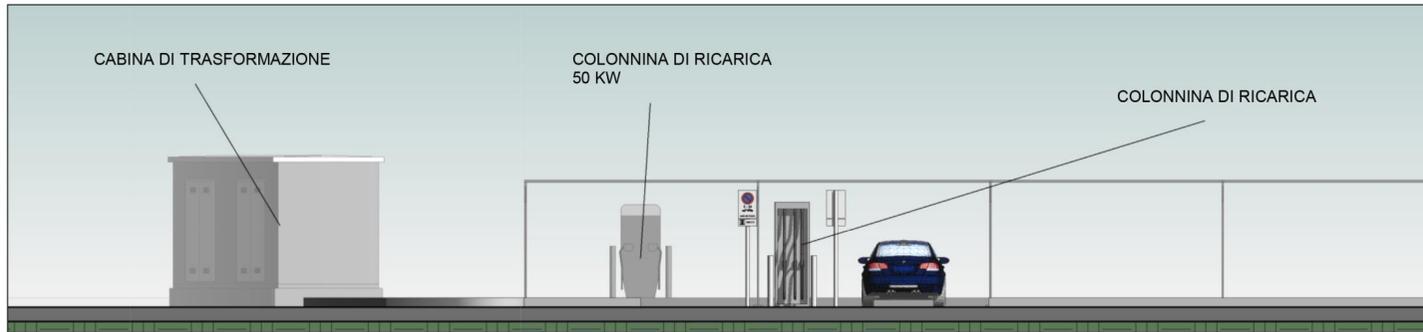
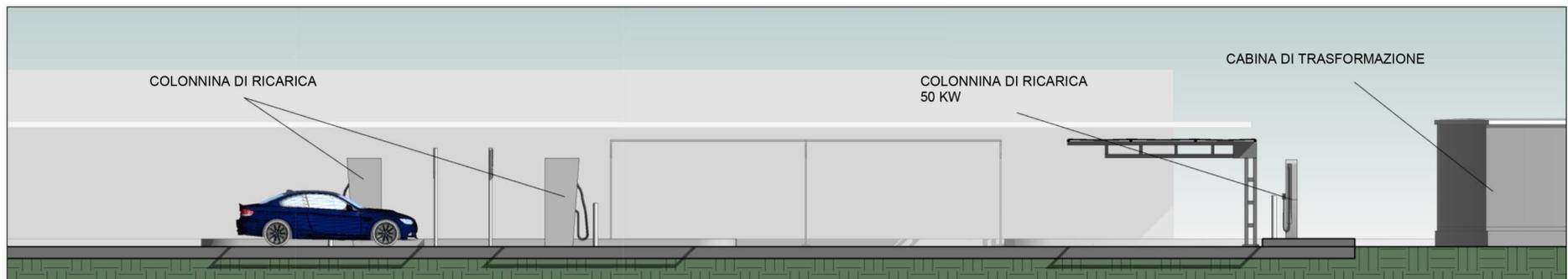


Figura 4-2 Area di Servizio Sillaro est - Pianta



SEZIONE A - A'



SEZIONE B - B'

Figura 4-3 Area di Servizio Sillaro est - Sezioni



Figura 4-4 Area di Servizio Sillaro est - Render

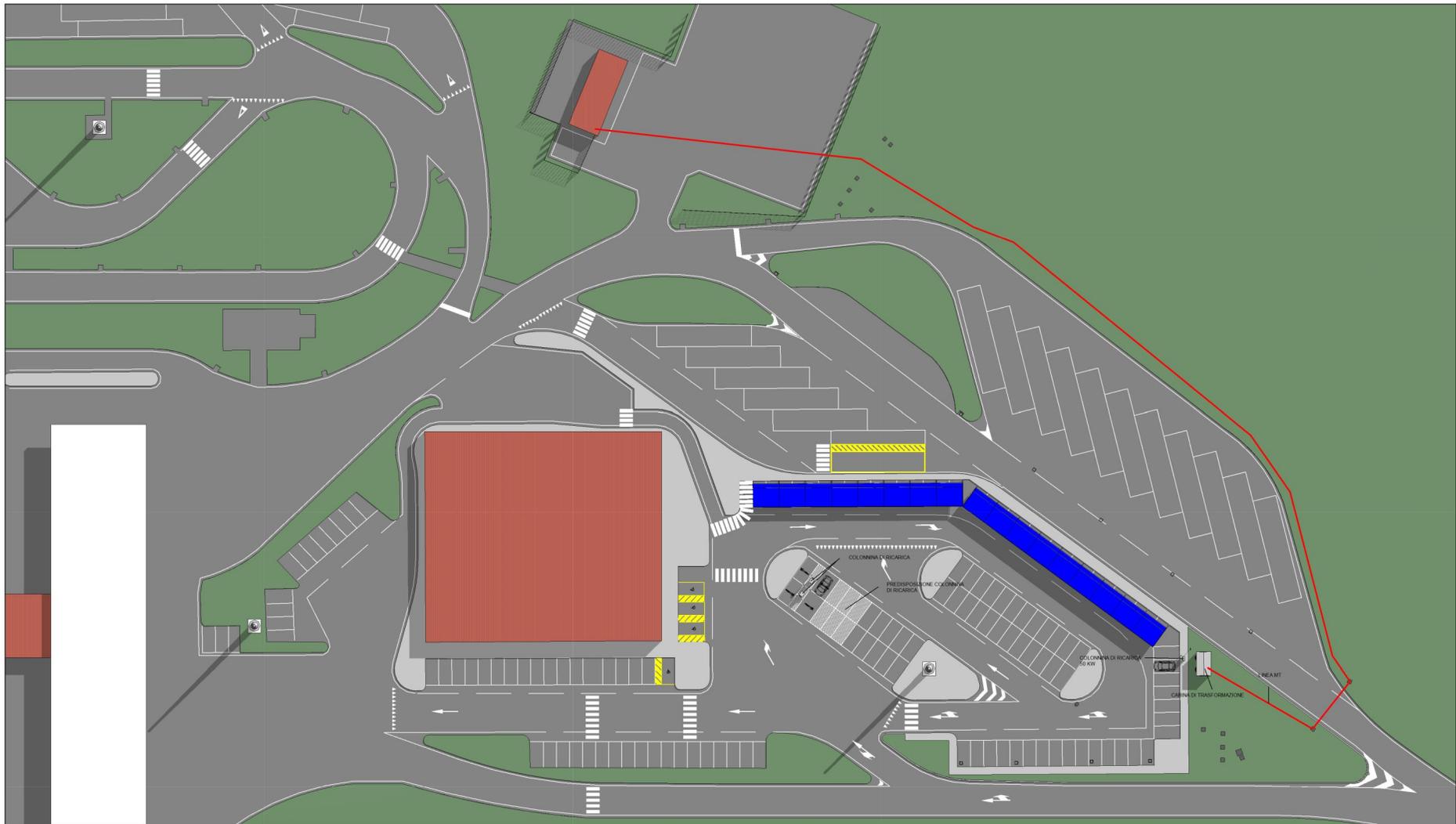


Figura 4-5 Area di Servizio La Pioppa ovest - Planimetria

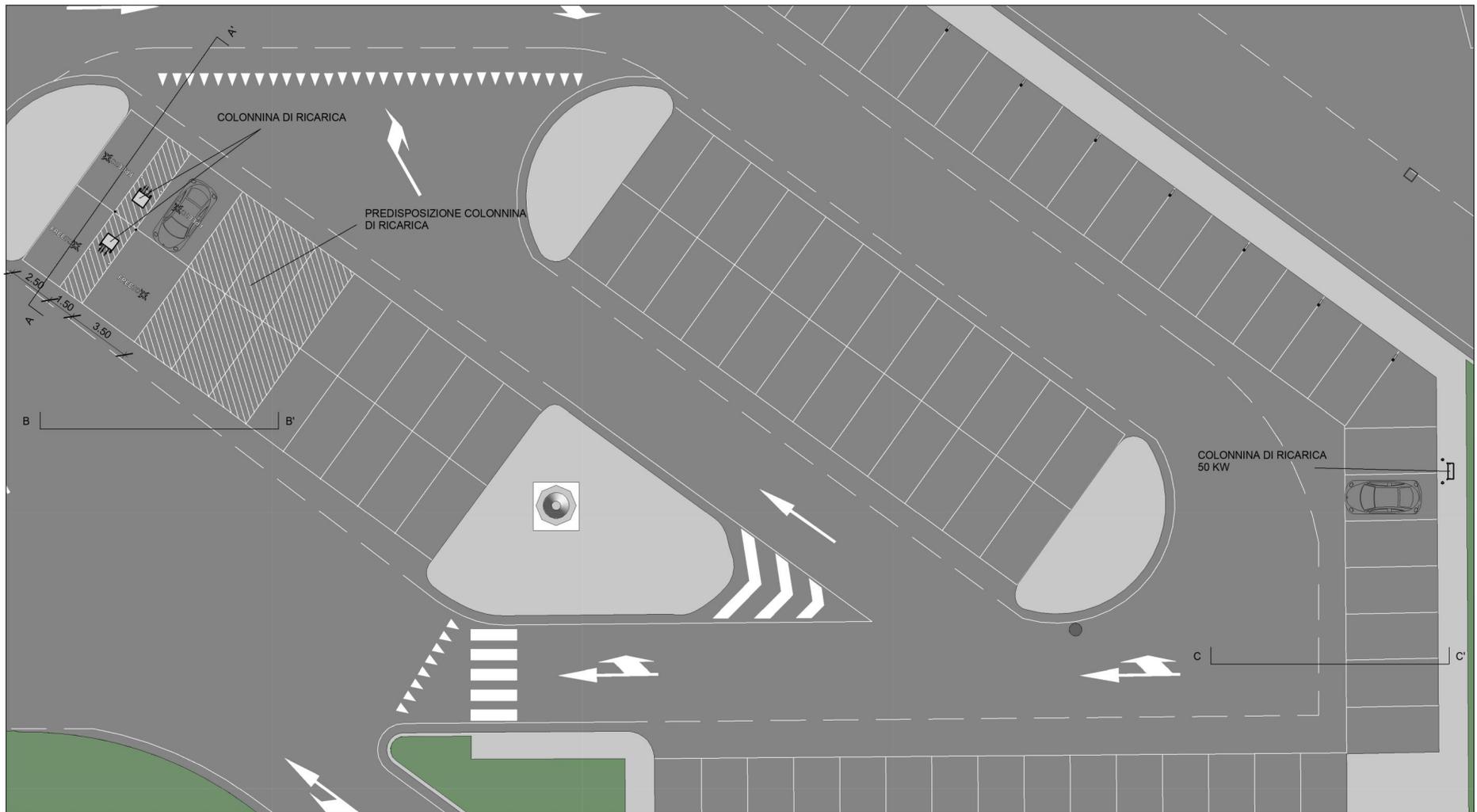
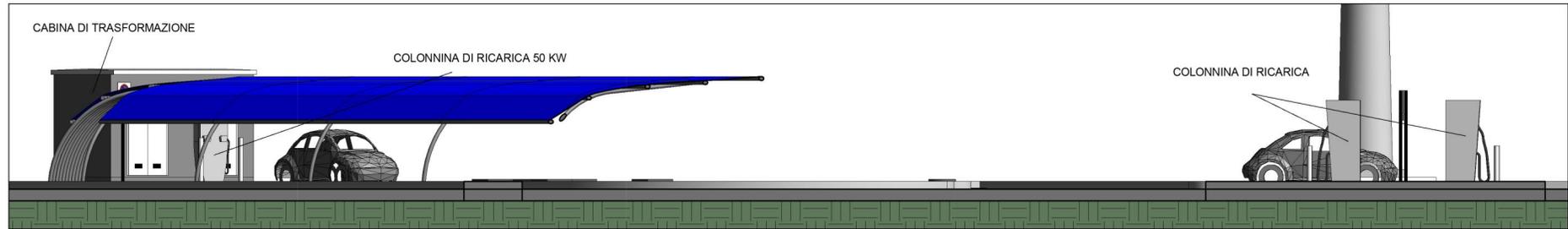
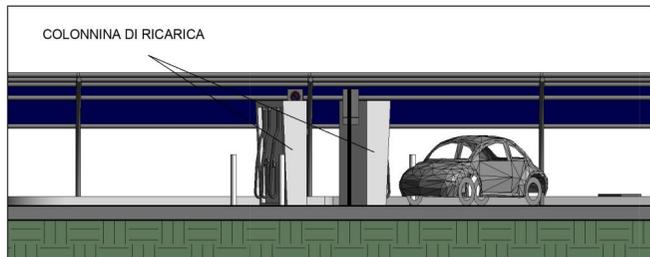


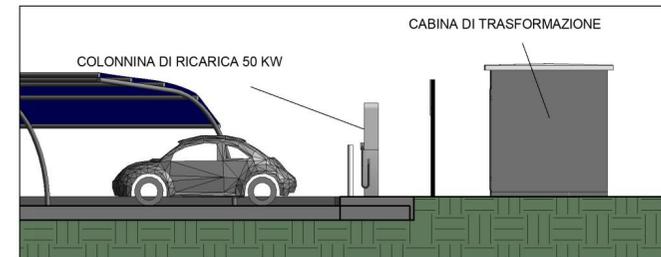
Figura 4-6 Area di Servizio La Pioppa ovest - Pianta



SEZIONE A - A'



SEZIONE B - B'



SEZIONE C - C'

Figura 4-7 Area di Servizio La Pioppa ovest - Sezioni

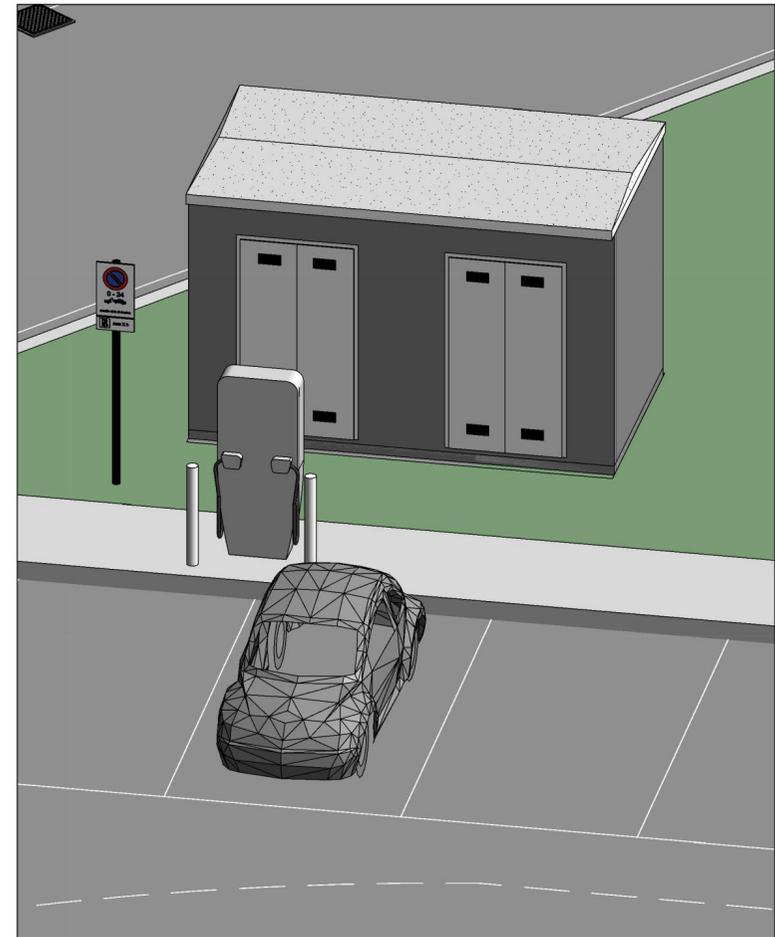
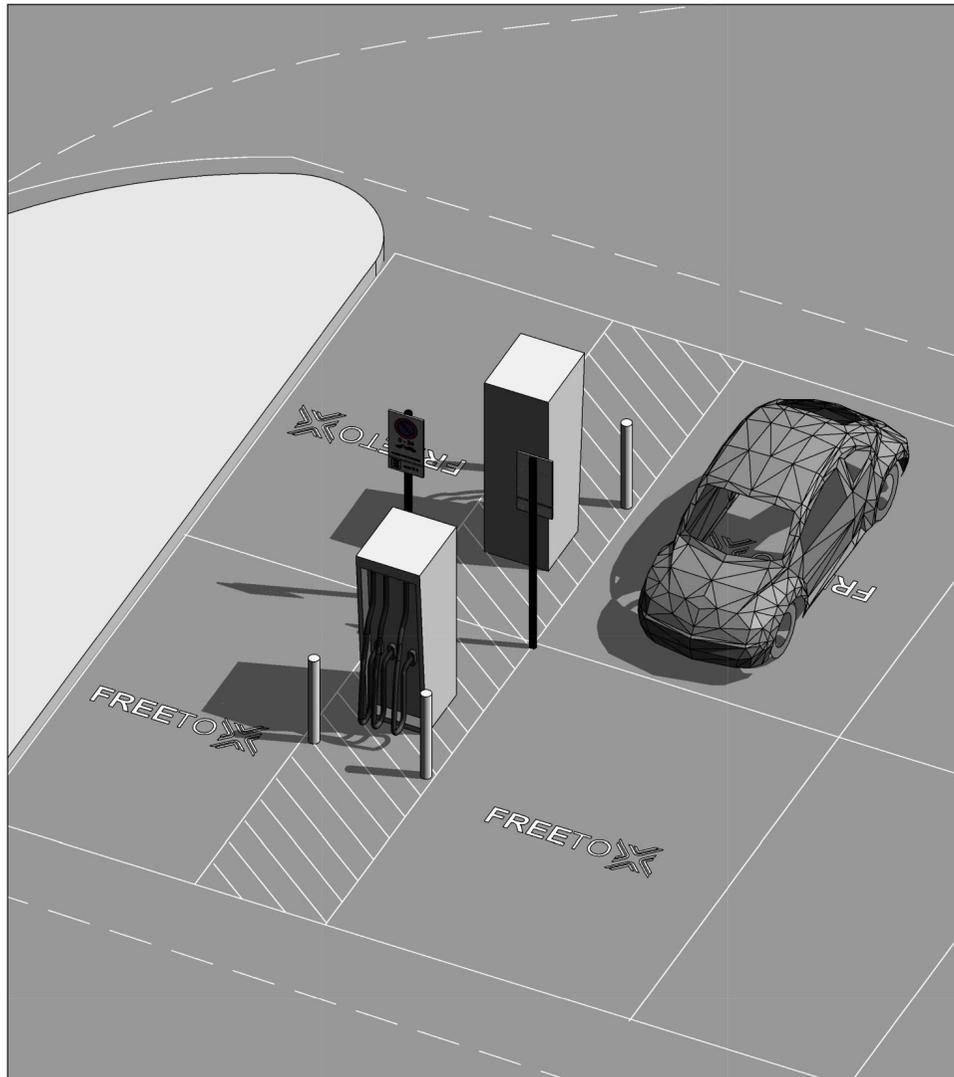


Figura 4-8 Area di Servizio La Pioppa ovest - Render

## 5 DIGITALIZZAZIONE DELL'OPERA - "FASE 1"

### 5.1 INTRODUZIONE

Nel seguente capitolo si descrivono le caratteristiche generali del sistema di gestione e controllo delle comunicazioni cooperative ITS, tra infrastruttura e veicoli, finalizzato all'esercizio sulla rete ASPI e che sarà installato nel progetto del Passante di Bologna.

Sono trattati l'ambito generale del sistema, i servizi che esso è volto a erogare e la sua architettura generale.

#### 5.1.1 Acronimi e definizioni

Saranno utilizzati i seguenti acronimi:

Acronimi	Definizioni
ASPI	Autostrade per l'Italia
CAM	<i>Cooperative Awareness Message</i>
CCAM	<i>Cooperative, connected and automated mobility</i> <a href="https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en">https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en</a>
C-ITS	<i>Cooperative ITS</i>
C-ROADS	Piattaforma europea per lo sviluppo armonizzato dei sistemi C-ITS a cui partecipano Stati Membri e operatori stradali. <a href="https://www.c-roads.eu/platform.html">https://www.c-roads.eu/platform.html</a>
C2C	<i>Car-to-car Communication Consortium</i> – Consorzio di produttori di veicoli, Stati Membri e altri operatori per lo sviluppo armonizzato dei servizi basati su C-ITS. <a href="https://www.car-2-car.org/">https://www.car-2-car.org/</a>
DENM	<i>Decentralized Environmental Notification Message</i>
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
ITS	<i>Intelligent Transport Systems</i>
ITS-G5	Protocollo di comunicazione standard sviluppato da ETSI sulla base dello standard IEEE 802.11p
IVI	<i>In-Vehicle Information</i>
IVS	<i>In-Vehicle Signage</i>
I2V	<i>Infrastructure to vehicle</i> – comunicazione da infrastruttura a veicolo
SIV	Sistema integrato di viabilità
V2I	<i>Vehicle to Infrastructure</i> – comunicazione da veicolo a infrastruttura
V2X	<i>Vehicle to everything</i> – comunicazione da veicolo ad altri

#### 5.1.2 Riferimenti

Nel corso del capitolo saranno usati riferimenti a documentazione esterna. Se non diversamente specificato, si faccia sempre riferimento all'ultima revisione disponibile di ciascun documento.

Codice Documento	Titolo
[1]	C-ITS Platform Final Report January 2016
[2]	ETSI TS 102 637-1
[3]	C-Roads - Common C-ITS Service Definitions
[4]	ECo-AT Release 4 and Automated Driving Documents
[5]	ETSI TS 102 792 v 2.1.1 (2015-06)
[6]	ETSI EN 302 571 v2.2.1 (2017-02)
[7]	Iniziativa Piano di Trasformazione DIGR_IIM C_ITS 15 04 2020 (ASPI)

### 5.2 AMBITO DI SVILUPPO DEL SISTEMA C-ITS

Per inquadrare il contesto dei sistemi C-ITS in Europa, è utile sapere che negli ultimi anni sono stati portati a termine diversi progetti pilota<sup>1</sup> per l'erogazione di servizi basati sui C-ITS, sviluppati a partire dall'iniziativa europea CCAM nata nel 2016, che ha favorito la creazione di una visione armonizzata dei servizi C-ITS e delle tecnologie sottostanti.

Trattandosi di servizi potenzialmente utilizzati in modo libero da tutti gli utenti della strada, che danno tanti più benefici quanto maggiore è la diffusione degli utenti, l'armonizzazione tecnologica è fondamentale. In Europa, gli standard che descrivono i protocolli di comunicazione sono stati definiti da ETSI e sono confluiti nella definizione ETSI ITS-G5, uno standard di comunicazione DSRC per lo scambio di messaggi finalizzati a determinati servizi C-ITS.

Insieme alla comunicazione a corto raggio, è anche previsto che i servizi C-ITS possano essere erogati attraverso rete dati cellulare. La combinazione di questo sistema con il protocollo DSRC ITS-G5 dà luogo al cosiddetto sistema C-ITS ibrido.

La Commissione Europea ha stanziato fondi per il finanziamento di progetti di studio e implementazione dei sistemi e, in tale contesto, in Italia è iniziato nel 2017 il progetto C-Roads Italy, con l'obiettivo di sviluppare applicazioni C-ITS e allestire dei siti pilota sulle autostrade A22 del Brennero, A4 (Autovie Venete) e A57 (CAV). A questa prima edizione, che termina a dicembre 2020, è seguito C-Roads Italy 2, volto invece alla messa in opera di siti pilota in ambito urbano nelle città di Torino, Trento e Verona, con termine a dicembre 2023.

A febbraio 2020, ASPI ha depositato la propria partecipazione alla terza fase del progetto C-Roads Italy, che il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha veicolato alla Commissione Europea per il cofinanziamento come progetto CEF. Questa terza fase segue idealmente la prima, perché riguarda l'estensione della copertura operativa della rete italiana con i sistemi C-ITS. Al momento della scrittura di questo documento, il progetto C-Roads Italy 3 è stato sottoposto dal MIT alla Commissione Europea, che lo sta valutando.

Il progetto C-ITS ASPI tratta quindi la sperimentazione dei sistemi C-ITS, inizialmente su due siti pilota, identificato nella A1 nell'area da Firenze Nord a Firenze sud, e nel tratto A1/A14 da Bologna Casalecchio a Bologna san Lazzaro.

La sperimentazione sopra descritta è attualmente in corso, nell'ambito del progetto del Passante di Bologna si ritiene che saranno recepite tutte le informazioni di sperimentazione e l'intero sistema di seguito descritto sarà installato e reso definitivo sulla nuova infrastruttura stradale oggetto di progettazione esecutiva.

<sup>1</sup> Due esempi: il corridoio Rotterdam-Francoforte-Vienna, dalla cui esperienza sono nate le specifiche ECo-AT (<http://eco-at.info/>) o il progetto SCOOP tra Francia, Spagna e Portogallo.

### 5.2.1 Funzionalità di base del sistema C-ITS

Le funzioni di base che il sistema C-ITS dovrà garantire saranno i servizi di *slow or stationary vehicle(s) & traffic ahead warning, road works warning, weather conditions* e *probe vehicle data*, con la copertura ITS-G5 consentita dalle installazioni RSU e, comunque, limitatamente agli eventi di traffico e in maniera integrata con gli attuali sistemi di gestione della viabilità (SIV).

Il sistema sarà integrato con il sistema esistente, SIV, a un livello tale da consentire di inserire sull'interfaccia esistente gli eventi oggetto di comunicazione C-ITS, indicandone gli estremi di validità (luogo, tempo, ecc). Qualora la sperimentazione in corso dia esiti positivi sarà valutato, a titolo di estensione, ulteriori integrazioni di funzionalità, come, per esempio, le funzioni di raccolta dei messaggi CAM provenienti dai veicoli o metodi analitici per la determinazione automatica di eventi di traffico attraverso l'analisi di CAM provenienti dai veicoli.

Saranno comunque possibili, le estensioni di funzionalità ad altri servizi tra quelli elencati come Day 1 e Day 1'5 e l'interconnessione in esercizio con altre competenze autostradali o urbane, così, ad esempio, da fornire informazioni su eventi di traffico su tratte autostradali contigue o in corrispondenza dell'immissione sul traffico urbano.

### 5.2.2 Architettura del sistema C-ITS ASPI

L'architettura del sistema prevede lo scambio di messaggi tra un server centrale di raccolta di informazioni stradali ed un sistema di conversione per la trasmissione delle informazioni direttamente ai veicoli tramite un sistema dedicato di trasmissione composto da Sistemi detti RSU (antenne poste in autostrada) e sistemi di ricezione interni al veicolo denominati OBU (On Board Unit).

Il trattamento di questi messaggi prevede due direzioni di scambio:

- i messaggi C ITS originati dalle informazioni stradali sono inviate alle centraline C ITS in base al loro posizionamento su strada, in modo che le centraline RSU abbiano a disposizione i messaggi da trasmettere tramite il loro sistema di comunicazione;
- i messaggi C ITS originati dai veicoli che percorrono la strada sono raccolti dalle RSU e instradati al sistema centrale per un loro trattamento.

Tali messaggi sono poi inviati alle centraline sulla base della loro località. L'inoltro alle centraline è definito sulla base delle posizioni delle stesse.

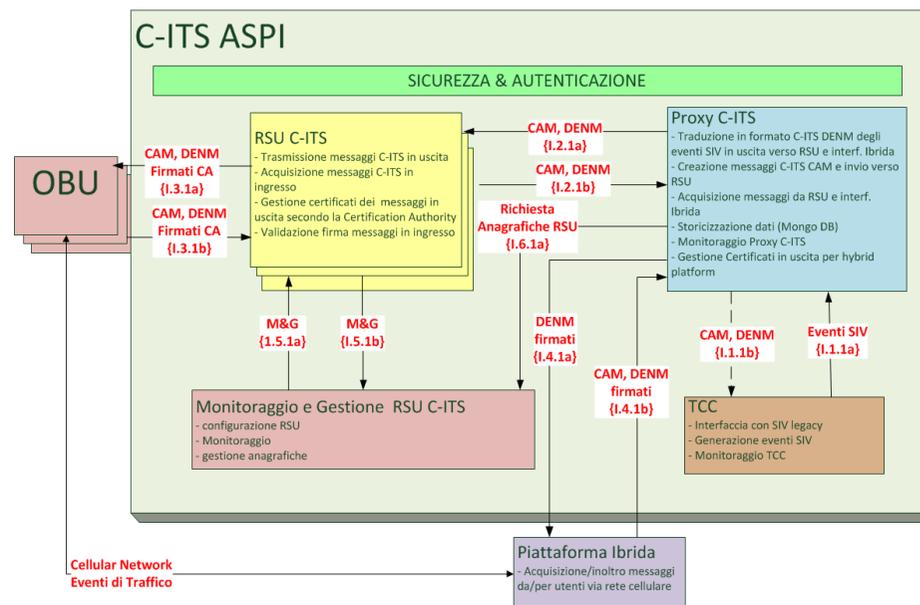


Figura 5-1 Flussi dei messaggi C.ITS

Le antenne RSU saranno installate sulle infrastrutture autostradali su appositi sostegni, saranno posizionate indicativamente ad una interdistanza di circa 1 km e garantiranno una adeguata copertura radio su tutta la tratta del passante di Bologna. Si riporta di seguito esempio installativo di antenna in ambito autostradale e particolare dell'antenna.

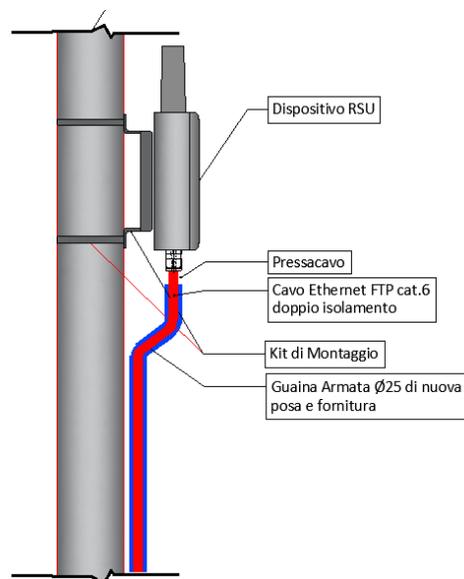


Figura 5-2 Tipologico installazione antenna RSU su palo



Figura 5-3 Antenna RSU

### 5.3 SERVIZI C-ITS

#### 5.3.1 Servizi C-ITS Forniti

L'implementazione del sistema C-ITS ASPI permette l'erogazione dei seguenti servizi Day 1:

Tabella 1 Servizi C-ITS definizioni C-Roads

Hazardous Location Notification	Road Works Warning	Probe Vehicle Data
Accident Zone (HLN-AZ)	Lane Closure (RWW – LC)	Vehicle Data Collection (PVD-VDC)
Traffic Jam Ahead (HLN-TJA)	Road Closure (RWW – RC)	Event Data Collection (PVD-EDC)
Stationary vehicle (HLN-SV)	Road Works – Mobile (RWW-RM)	
Weather Condition Warning (HLN-WCW)		
Temporarily slippery road (HLN-TSR)		
Animal or person on the road (HLN-APR)		
Obstacle on the road (HLN-OR)		

I servizi, come descritti in [3] vengono qui riassunti brevemente.

#### 5.3.2 Hazardous Location Notification

Il servizio ha lo scopo generale di migliorare la sicurezza stradale, informando gli utenti delle aree pericolose lungo il loro percorso, inclusa la posizione e la tipologia della zona, la distanza rimanente dal luogo, la durata degli eventi che scatenano l'avviso di pericolo, la corsia e la velocità.

Il beneficio atteso è, quindi, quello di scaturire una guida più attenta durante l'avvicinamento e il superamento di un'area pericolosa, ridurre al minimo il rischio di collisioni, con conseguente minor numero di incidenti / lesioni / decessi tra gli utenti della strada.

#### 5.3.3 Road Works Warning (RWW)

I cantieri stradali possono influenzare il tracciato della carreggiata e le norme di circolazione. Con questo servizio verranno forniti allarmi agli utenti sui cantieri stradali in divenire nel loro percorso. I lavori in questione possono essere mobili o statici, a breve o lungo termine.

Sono considerati lavori stradali tutti i tipi di interventi da parte dell'operatore stradale.

Il principale beneficio atteso è una guida più attenta nell'avvicinarsi o nell'effettuare una manovra di sorpasso in una zona in prossimità di cantieri o in prossimità di veicoli di manutenzione in movimento, contribuendo a evitare frenate improvvise e manovre di sterzata, migliorando così la sicurezza del traffico e riducendo gli incidenti (o moderandone la gravità).

Il servizio RWW mira, inoltre, a ridurre il numero di collisioni con le attrezzature di sicurezza poste in prossimità dei cantieri e con mezzi delegati ai lavori stradali.

Il servizio RWW informerà l'utente in prossimità di una zona di cantiere e fornirà contemporaneamente informazioni sui cambiamenti nel tracciato stradale, con l'obiettivo di generare un migliore flusso di traffico e un minor numero di incidenti.

#### **5.3.4 Probe vehicle data**

Il servizio riguarda la raccolta dei dati in ingresso dai veicoli (CAM e DENM).

Per quanto riguarda la raccolta dei CAM (Vehicle Data Collection) Il vantaggio atteso dal servizio è la disponibilità su un DB di un quadro completo e aggiornato dello stato della rete stradale e della situazione del traffico.

Verranno inoltre raccolti gli eventi (Event Data Collection), rilevati automaticamente dagli OBU del veicolo o segnalati manualmente dagli utenti. Questo consentirà di disporre di informazioni da parte di dispositivi localizzati direttamente sulla strada, ottimizzandone la raccolta e la diffusione.

## 6 INCREMENTO DELLA POTENZA DI ENERGIE RINNOVABILI - "FASE 1"

### 6.1 PREMESSA

Si ritiene possibile dare corso alla richiesta avanzata dal Comune di Bologna, relativa all'installazione di sistemi di produzione di energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici per complessivi 50 MW, previa individuazione e messa a disposizione a titolo gratuito di idonee aree da parte del Comune di Bologna.

Oggetto del presente capitolo è la definizione delle caratteristiche minime dei terreni e/o delle aree che dovranno essere messe a disposizione di ASPi per l'installazione di impianti fotovoltaici.

### 6.2 STATO DI PROGETTO IMPIANTI FOTOVOLTAICI A SERVIZIO DEL PASSANTE DI BOLOGNA

Il progetto del Passante di Bologna prevede ad oggi l'installazione di n. 2 impianti fotovoltaici da realizzare rispettivamente su:

1. Porzione della copertura della galleria fonica San Donnino
2. Copertura della semi-galleria fonica croce del Biacco

I due impianti fotovoltaici previsti avranno potenza pari a circa:

- Impianto fotovoltaico galleria fonica San Donnino circa 300 kWp
- Impianto fotovoltaico semi-galleria fonica croce del Biacco circa 800 kWp

Per raggiungere e superare l'obiettivo posto durante la CdS si renderà necessario individuare ulteriori aree esterne all'intervento del passante dove poter prevedere l'installazione di ulteriori impianti fotovoltaici.

Al fine di rendere l'intervento ragionevolmente fattibile si riportano di seguito le condizioni di predimensionamento dei siti da individuare per le installazioni.

### 6.3 IPOTESI PER IL PREDIMENSIONAMENTO DEI SITI

#### 6.3.1 Analisi dei vincoli di collegamento alla rete elettrica

Gli impianti fotovoltaici hanno lo scopo di convertire l'energia proveniente dalla fonte solare in energia elettrica, in linea di principio questi impianti sono ottimizzati al loro utilizzo in tutti i contesti installativi dove l'energia elettrica prodotta viene consumata direttamente sul sito di produzione. La normativa in materia di produzione di energia da fonte rinnovabile trova la sua più puntuale applicazione nelle delibere ARERA con l'emanazione del Testo Integrato per le connessioni attive (TICA) dove si disciplinano le regole di connessione a cui ogni soggetto produttore deve sottostare.

Poiché la richiesta prevede di raggiungere una potenzialità di 50 MW di impianto fotovoltaico, il primo tema da analizzare è la fattibilità di allacciamento di un impianto di tale potenza alla rete elettrica nazionale.

La normativa TICA regola che un unico impianto di tale potenza debba essere allacciato direttamente alla rete AT (di pertinenza di TERNA), questa necessità rende da subito critica questa realizzazione in quanto oltre agli spazi necessari per questo tipo di realizzazione, lo studio di fattibilità dovrà tenere conto di spazi idonei per la realizzazione di sottostazioni AT/MT da connettere direttamente sulla rete di AT.

Qualora non sia possibile individuare un'unica area dove installare l'impianto complessivo è possibile ipotizzare più aree distribuite sul territorio idonee ad ospitare più impianti, connessi in aree geografiche tali da non sovraccaricare la rete AT.

Una prima valutazione sommaria di questa ipotesi può essere condotta interrogando il portale di E-distribuzione, dove è possibile ricavare lo stato di saturazione della rete elettrica nazionale sulle sezioni AT/MT.

Dal portale risulta che la zona di Bologna ha una bassissima criticità di allacciamento di impianti come meglio riportato in figura seguente.

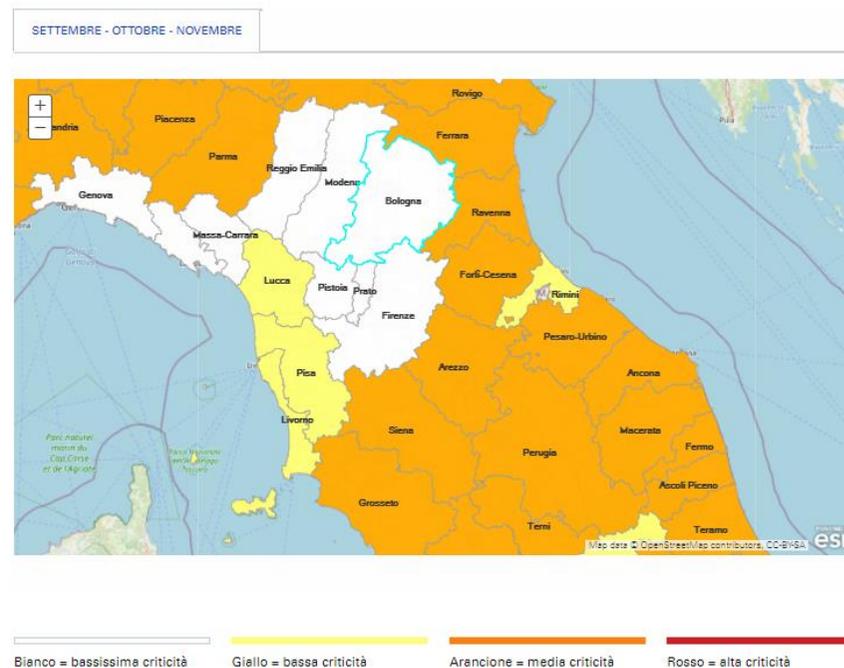


Figura 6-1 Portale e-distribuzione con aree critiche per installazione di impianti fotovoltaici

Al fine di rendere fattibile il raggiungimento della potenzialità di 50 MW in aree di pertinenza della città di Bologna, senza compromettere il regolare funzionamento della rete elettrica in MT ed AT è ragionevole ipotizzare la frammentazione dell'intera potenzialità su più impianti.

In questa fase di studio di fattibilità si ipotizza la realizzazione di 10 impianti di potenza massima di 5 MW da dislocare in altrettante aree indipendenti e dotate di connessioni idonee in MT a ricevere la potenza ipotizzata.

Resta inteso che questa ipotesi dovrà essere verificata puntualmente su ogni sito in accordo con il gestore di rete di zona e con i vincoli territoriali.

Si ipotizza che ogni sezione di impianto sia allacciato alla rete MT con cabina dedicata e che operi in regime di cessione totale in rete di tutta l'energia elettrica prodotta.

### 6.3.2 Analisi dei vincoli topografici e territoriali

Al fine di rendere fattibili le installazioni occorrerà valutare con attenzione i seguenti aspetti:

- terreno ed aree non oggetto di vincolo archeologico e paesaggistico;
- terreno ed aree non oggetto di vincolo aeroportuale o ferroviario;
- terreno ed aree non destinate ad aree produttive (da verificare con Piano regolatore Comunale);
- terreno ed aree non oggetto di vincolo idrogeologico.

È opportuno verificare la morfologia del terreno da destinare all'installazione in particolare è necessario che i siti abbiano:

- esposizione del campo prevalentemente a Sud, senza la presenza di elementi ombreggiati o ostacoli in generale che impediscano la corretta esposizione solare dei moduli fotovoltaici;
- terreno con pendenze limitate e facilmente raggiungibili da viabilità ordinaria;
- verifica con ente distributore dell'energia elettrica della fattibilità di realizzazione dell'allaccio elettrico per la cessione in rete.

Occorre infine valutare la superficie necessaria per raggiungere la potenzialità richiesta.

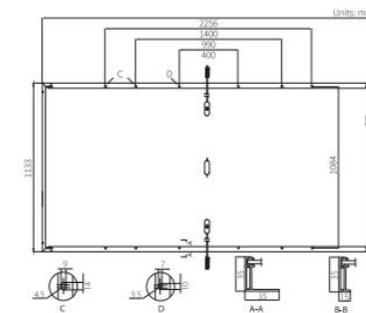
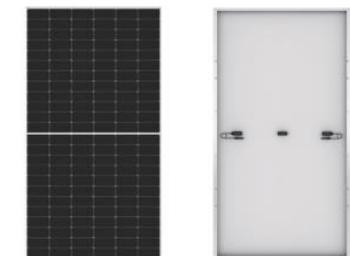
La tecnologia fotovoltaica negli ultimi anni ha visto un interessante miglioramento dell'efficienza di conversione dei moduli fotovoltaici. Sul mercato, per grandi campi fotovoltaici, è possibile reperire moduli di potenza fino a 550 Wp con dimensioni indicative di 2250 x 1150 mm.

#### Additional Value



#### Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6x24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm <sup>2</sup> , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	27.2kg
Dimension	2256x1133x35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC



Electrical Characteristics	STC : AM1.5 1000W/m <sup>2</sup> 25°C		NOCT : AM1.5 800W/m <sup>2</sup> 20°C 1m/s		Test uncertainty for P <sub>max</sub> ±3%					
	LR5-72HPH-530M	LR5-72HPH-535M	LR5-72HPH-540M	LR5-72HPH-545M	LR5-72HPH-550M	LR5-72HPH-530M	LR5-72HPH-535M	LR5-72HPH-540M	LR5-72HPH-545M	LR5-72HPH-550M
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (P <sub>max</sub> /W)	530	395.8	535	399.5	540	403.3	545	407.0	550	410.7
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> /V)	49.20	46.12	49.35	46.26	49.50	46.41	49.65	46.55	49.80	46.69
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> /A)	13.71	11.09	13.78	11.15	13.85	11.20	13.92	11.25	13.98	11.31
Voltage at Maximum Power (V <sub>mp</sub> /V)	41.35	38.50	41.50	38.64	41.65	38.78	41.80	38.92	41.95	39.06
Current at Maximum Power (I <sub>mp</sub> /A)	12.82	10.28	12.90	10.34	12.97	10.40	13.04	10.46	13.12	10.52
Module Efficiency(%)	20.7		20.9		21.1		21.3		21.5	

Figura 6-2 Esempio di Modulo Fotovoltaico monocristallino

Secondo le classiche tipologie costruttive per installazioni su grandi aree e campi fotovoltaici a terra è possibile ricavare un parametro di sfruttamento dell'area in Ettaro x MWp.

Nella figura seguente si riporta un esempio di installazione di impianto a terra.



Figura 6-3 Esempio di campo Fotovoltaico a Terra

#### 6.4 CONCLUSIONI

Alla luce delle considerazioni riportate, si valuta fattibile la realizzazione di 10 impianti da 5 MWp ciascuno, per i quali occorre individuare delle aree con superficie compresa tra 7,5 e 12,5 Ettari per ciascun impianto con opportuna esposizione.

Al fine di soddisfare la richiesta pervenuta in CdS, il Comune di Bologna dovrà pertanto individuare 10 terreni con i requisiti sopra riportati per una superficie complessiva compresa tra 75 e 125 ettari. Qualora la disponibilità dei terreni da destinare all'installazione degli impianti fotovoltaici richieda una maggiore frammentazione sarà necessario valutare preliminarmente ogni spazio messo a disposizione, ad ogni modo non saranno accettate superfici a terra rispondenti ai requisiti di cui sopra e con area inferiore a 7,5 ettari.

Considerando gli spazi minimi necessari di:

- aree di rispetto;
- recinzioni necessarie ad impedire il furto dell'impianto e intrusioni indesiderate;
- spazi tecnici per installare cabine di trasformazione ed inverter;
- nell'ipotesi di area a terra pianeggiante senza la presenza di ostacoli ombreggianti;

è possibile ipotizzare un parametro di occupazione compreso tra **1,5 e 2,5 ettari per MWp**.

## **7 RAFFORZAMENTO DELLA COMUNICAZIONE IN TUTTE LE FASI DELL'OPERA - "FASE 1"**

### **7.1 PIANO DI COMUNICAZIONE**

Nel seguito si riporta una sintesi del *Piano di Comunicazione Integrato* del Passante di Bologna.

#### **Attività media relation**

- Conferenze stampa mirate per comunicare le principali fasi previste dal cronoprogramma lavori;
- Comunicati stampa e interviste ai referenti del progetto per dare aggiornamenti su avvio/avanzamento cantieri e per raccontare le caratteristiche dell'opera e i criteri di cantierizzazione.

#### **Strumenti e canali corporate**

- Video istituzionale di racconto dell'opera;
- Sezione web dedicata su sito Aspi con infografiche e render per raccontare l'opera e fornire aggiornamenti su fasi, avanzamento e obiettivi;
- Campagna Affissioni Multisoggetto in ADS (solo Emilia-Romagna) per raccontare tutti i benefici dell'opera sul territorio (sostenibilità, riduzione traffico, temi sicurezza...);
- Collegamento all'interno dei canali proprietari (My Way) e dei partner (Isoradio e Rtl) con racconto periodico dell'avanzamento lavori.

#### **Onsite**

- Infopoint digitale e Maxi Installazione in 3D in una piazza centrale di Bologna per raccontare l'opera;
- Da valutare Campagna Pubblicitaria informativa nell'area bolognese sui principali media.

#### **Incontri territoriali istituzionali**

- Evento o seminario da organizzare a Bologna con stakeholder di riferimento per raccontare l'opera: rappresentanti dei principali enti locali coinvolti (Regione e Comune), rappresentanza territoriale MIMS, Confindustria e Ance locali, associazioni dei trasportatori e principali realtà imprenditoriali.

### **7.2 SERVIZIO INFORMATIVO RELATIVO AI CANTIERI ED ALLE DEVIAZIONI STRADALI**

Nell'ambito delle attività volte a mitigare il disagio legato ai cantieri sia in ambito autostradale che urbano, ASPI ha avviato lo sviluppo di una piattaforma che costituisca la cabina di regia per tutti i temi legati alle lavorazioni con impatto sulla viabilità: riduzioni di corsia, chiusure, scambi di carreggiata sia per il tratto autostradale/tangenziale che per le strade urbane.

In particolare, il sistema permetterà l'inserimento delle cantierizzazioni legate alle lavorazioni condivise con gli enti preposti e, dopo le necessarie verifiche di processo, le renderà disponibili alla collettività mediante una pluralità di canali. Oltre a quelli istituzionali ASPI verranno pubblicate digitalmente così da poter essere usate sia dalle pubbliche amministrazioni che da terze parti per la fornitura di informazioni sul viaggio.

## 8 CERTIFICAZIONE ENVISION - "FASE 1"

### 8.1 DESCRIZIONE DEL PROTOCOLLO

Il sistema Envision nasce da un'iniziativa congiunta dello "Zofnass Program for Sustainable Infrastructure" dell'Università di Harvard e dell'"Institute for Sustainable Infrastructure" (ISI), un'organizzazione no – profit di ricerca ed insegnamento costituito dalle principali associazioni di ingegneria degli Stati Uniti (Council of Engineering Companies, American Public Works Association, American Society of Civil Engineers).

Envision è un sistema di valutazione per realizzare infrastrutture sostenibili basato sull'analisi di diversi obiettivi di sostenibilità ambientale, energetico- prestazionale, sociale ed economica.

Lo scopo di Envision è quello di promuovere il necessario miglioramento delle prestazioni e della resilienza di un'infrastruttura, guidando imprese, progettisti, ingegneri, appaltatori, amministrazioni pubbliche e cittadini nella progettazione di infrastrutture sostenibili a lungo termine.

Il protocollo è articolato in 64 indicatori di resilienza, chiamati crediti ed è suddiviso in 5 macrocategorie:

- Quality of life (QL): come risponde il progetto alle necessità e ai bisogni della comunità?
- Leadership (LD): in quale misura è stato attuato il processo di partecipazione pubblica al progetto?
- Resource allocation (RA): in quale misura si è provveduto a strutturare piani di gestione delle risorse disponibili?
- Natural world (NW): in quale misura sono state definite linee e soluzioni per la salvaguardia dell'habitat e delle specie che lo abitano?
- Climate and risk (CR): in quale misura il progetto affronta la necessità di resilienza al cambiamento climatico?

Con Envision è possibile individuare le soluzioni che maggiormente si adattano al contesto naturale, antropico ed economico in cui il progetto si colloca

Per ricevere la certificazione, un progetto deve raggiungere una percentuale minima del totale dei punteggi relativi ai crediti Envision applicabili. Il progetto potrà raggiungere uno dei seguenti quattro livelli:

- Verified: 20%
- Silver: 30%
- Gold: 40%
- Platinum: 50%

### 8.2 FASE DI PRE-ASSESSMENT

Il progetto del Passante di Bologna sta completando la fase di "autovalutazione" o "pre-assessment" secondo i criteri del protocollo Envision. L'autovalutazione permetterà di verificare il posizionamento del progetto rispetto all'obiettivo di sostenibilità e resilienza, sia nel breve termine, con la promozione dell'utilizzo di energie rinnovabili o la riduzione di potenziali inquinanti, sia a lungo termine, con uno sguardo attento all'adattamento dell'infrastruttura ai cambiamenti climatici.

L'autovalutazione ha messo in evidenza i punti di forza del Passante; i crediti che aumentano il punteggio di sostenibilità dell'opera riguardano in modo particolare le categorie:

- Quality of life (QL), espresse attraverso il Confronto pubblico;
- Natural world (NW), con la pianificazione e la progettazione di interventi naturalistici – ambientali, l'inserimento paesaggistico dell'opera e gli interventi di mitigazione ambientale;

- Climate and risk, attraverso la riduzione delle emissioni nell'ambiente e conseguentemente il miglioramento della salute pubblica.

Il progetto infrastrutturale ha integrato al suo interno le esigenze del territorio, con una forte attenzione alle tematiche sociali ed ambientali; pertanto, garantisce:

- il miglioramento dei trasporti e delle connessioni con trasporti alternativi (piste ciclabili e percorsi pedonali);
- la realizzazione di aree verdi e fasce filtro per la neutralizzazione parziale delle emissioni di CO<sub>2</sub>;
- la realizzazione di impianti fotovoltaici per ridurre le emissioni producendo energia "green";
- la realizzazione di una galleria fonica integrata con lo spazio urbano tramite un parco dedicato.

I risultati dell'autovalutazione sono stati presentati all'Ente certificatore, pertanto è prevista a breve la conclusione della fase di pre-assessment.

### 8.3 STATUS DELLA CERTIFICAZIONE

A valle dell'autovalutazione seguono la registrazione del progetto (effettuata nel mese di ottobre 2021), la sua valutazione, la verifica ad opera di un Organismo di Terza Parte indipendente e, infine, la certificazione rilasciata dall'"Institute for Sustainable Infrastructure". Solo al termine dei lavori verrà acquisita la certificazione finale, che potrà confermare o modificare quella rilasciata in fase di progettazione.

La scelta di candidare il Passante di Bologna alla certificazione Envision deriva dall'evidenza che molti dei temi affrontati dal protocollo sono stati analizzati e trasferiti nel progetto secondo i seguenti obiettivi:

- obiettivi tecnici, aventi ad oggetto le performance dell'infrastruttura e che, nel loro insieme discendono dall'obiettivo primario di creare la più corretta offerta infrastrutturale che soddisfa la crescente domanda di mobilità sia delle persone che delle merci;
- obiettivi sociali, riguardanti sia le esigenze degli utenti, ossia direttamente connessi ad un'infrastruttura stradale, quanto anche a valenza più generale, quali – ad esempio - il potenziamento della fruizione pubblica o la condivisione dell'iniziativa con gli stakeholders;
- obiettivi ambientali e territoriali, aventi ad oggetto le prestazioni di valenza territoriale, e come tali ambientali, nonché legate al valore ecosistemico del contesto complessivo che si verrà a creare dopo il completamento dell'iniziativa.